



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE  
MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA

" Lamina de Acero Galvanizado por Inmersión  
en Caliente, en Proceso Continuo "

T E S I S  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO QUIMICO  
P R E S E N T A  
Luis Eduardo Marcos Haro



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**

**FACULTAD DE QUIMICA**

▪ **LAMINA DE ACERO GALVANIZADA POR INMERSION EN CALIENTE , EN PROCESO**

**CONTINUO ▪**

**( T E S I S )**

**LUIS EDUARDO MARCOS HARO**

**INGENIERO QUIMICO**

**1 9 8 2**



- PRESIDENTE : Prof. Manuel F. Guerrero Ferrnandez**
- VOCAL : Prof. Miguel Salma Tepezos.**
- SECRETARIO : Prof. Antonio Frias Mendoza.**
- 1er. Suplente: Prof. Jose Fco. Guerra Recasens.**
- 2do. Suplente: Prof. Ramon Arnaud Muerta.**

ESTADOS UNIDOS MEXICANOS  
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES QUIMICAS

**Sitio donde se desarrolló el tema:**

- Centro Mexicano del Zinc y del Plomo.**
- Cámara Nacional del Hierro y del Acero.**
- Galvak S. A. , Monterrey, Lvo. León.**

**Asesor del Tema :** M. en C. Antonio Frias Mendoza 

**Sustantante :** Luis Eduardo Marcos Hara 

**A: MIS PADRES      SILVINO Y RENE**  
**Con Agradecimiento,**

**Por su apoyo, su cariño  
y su confianza.**

**A: MIS HERMANOS**

**RITA ESTHER, RICARDO Y JUAN JOSE**

**Deseándoles éxito en sus profesiones**

**A: MI MAESTRO Y AMIGO**

**Ing. Antonio Frias Mendoza**

**Por su ejemplo, su orientación y ayuda  
durante el desarrollo de la Tesis.**

**A; Mis Compañeros de la U.N.A.M.**

## C O N T E N I D O

CAPITULO I	INTRODUCCION	7
CAPITULO II	GENERALIDADES	10
CAPITULO III	OBTENCION DEL ACERO LAMINADO	16
	Fundición	16
	Molinos Calientes	17
	Decapado	18
	Molinos Frios	19
	Línea Lavadora	19
	Recocido	20
	Molino de Temple	21
CAPITULO IV	TEORIA DE LA GALVANIZACION POR INMER SION EN CALIENTE.	23
	Protección Catodica del Hierro y del Acero por el Zinc.	24
	Duración del Recubrimiento	27
	Materiales Adecuados para la Galvani zación.	29
	Recubrimientos obtenidos por galvani zación en caliente.	30
	Efecto del Silicio en el Acero	35
	Superficie Mate ó Floreada.	38
	Limpieza con Atmósfera reductora.	38
	Inmersión del Material	41



	La Calidad del Zinc	41
	Reactor ó Paila de Galvanización	44
	Matas en Suspensión	45
	Temperatura del Baño	45
	Velocidad de Inmersión y Extracción	49
<b>CAPITULO V</b>	<b>PRODUCCION DE LA LAMINA GALVANIZADA</b>	<b>50</b>
	Sección de Entrada	52
	Sección de Proceso	54
	Sección de Salida	58
	Sección de Corte	60
<b>CAPITULO VI</b>	<b>CONTROL DE CALIDAD DE LA LAMINA GALVANIZADA.</b>	<b>63</b>
	Inspección de Materia Prima	64
	Inspección en la Sección de Entrada	65
	Inspección en la Sección de Proceso	69
	Inspección de Producto Terminado	70
	Criterios de Calidad	81
	Apilamiento y Almacenamiento.	83
<b>CAPITULO VII</b>	<b>USOS Y COMERCIALIZACION DE LA LAMINA GALVANIZADA.</b>	<b>86</b>
	Uso Comercial	86
	Uso Industrial	87
<b>CAPITULO VIII</b>	<b>ASPECTOS ECONOMICOS</b>	<b>100</b>

**CAPITULO IX**

**DATOS TECNICOS**

**112**

**CONCLUSIONES**

**118**

**BIBLIOGRAFIA**

**120**

## CAPITULO I

### I N T R O D U C C I O N

El acero es la materia prima básica dentro del proceso industrializador del país; impulsado por el petróleo, el proceso industrializador ha despertado una sed por el acero.

Durante los últimos cinco años la producción acerera ha aumentado a una cifra estimada de 7.3 millones de toneladas métricas, respecto de los 5.3 millones de tons. anteriores.

El consumo de acero ha aumentado de 6.4 millones a 10.1 millones de toneladas métricas. Este consumo se calcula que crecerá hasta 20 millones de tons. para 1985 y llegará hasta 28 millones de tons. para 1990.

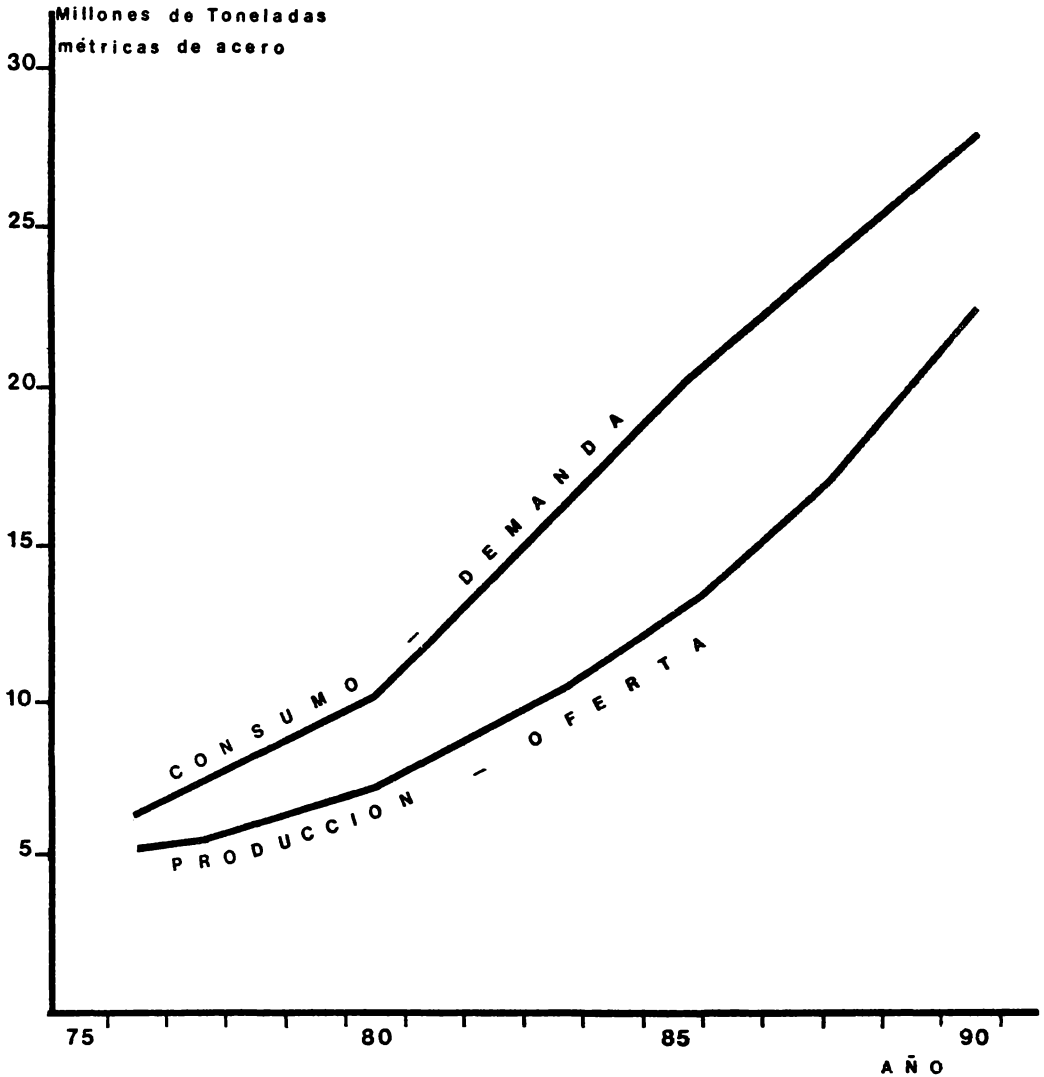
Las utilidades para la industria del acero tanto del estado como particulares, superaron los 2,000 millones de pesos en 1980.

Estos datos anteriores nos dan una clara idea de la línea ascendente pronunciada que tendrán el consumo y la producción del acero en la década de los '80. Y es que todos los proyectos en la industria del acero son factibles porque el petróleo le da la fuerza financiera necesaria y además todo proyecto petrolero necesita acero.

Dentro de este interesante y amplio campo de la industria siderúrgica se desarrolla el presente trabajo, orientado particularmente sobre el acero laminado y posteriormente galvanizado.

Este trabajo sobre lámina galvanizada lleva inherente la experiencia de más de un año, dentro del aspecto técnico comercial del producto. Se mencionan otros métodos de galvanización haciendo notar las altas producciones logradas con este proceso. Se analizan además de los aspectos de producción, el control de calidad, comercialización y aspectos económicos del sector. Así también se demuestra que el consumo de zinc en México, ultimamente ha sido impulsado principalmente por el sector de galvanización en caliente.

FIG. 1 - 1 INDUSTRIA ACERERA DE MEXICO



Fuentes: "Futuro Industrial de México", George Getschow, Excélsior (27 de enero de 1981).

"La Industria del Acero", Antonio Garza M. Excélsior (18 de diciembre de 1981).

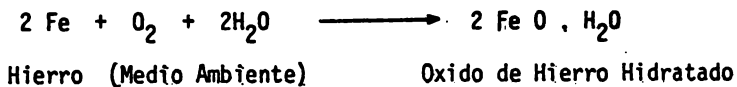
## CAPITULO II

### GENERALIDADES

La mayoría de los metales se encuentran en la naturaleza en forma de óxidos o sulfuros, y sólo pueden obtenerse de estos compuestos naturales mediante la aportación de grandes cantidades de energía. Los metales así obtenidos se encuentran en una situación inestable, y en contacto con el medio ambiente (atmósfera, agua, suelo, etc.), tienden a recuperar su estado natural. Esta tendencia es lo que origina la corrosión.

En el caso particular del hierro y de los aceros, la corrosión da lugar a su transformación progresiva en óxidos de hierro hidratados, con la consiguiente destrucción de los mismos.

La reacción química que tiene lugar puede ilustrarse en forma simplificada:



Es decir, siempre que el hierro o el acero estén en contacto con el medio ambiente natural se producirá su corrosión.

Se ha calculado que en los países en desarrollo la corrosión obliga a utilizar en reposiciones un 20% aproximadamente de todo el acero que se consume y cuyo valor es de varios miles de millones de dólares.

La corrosión origina también pérdidas indirectas, como son las que ocasionan las interrupciones en la producción debido a averías producidas por la corrosión así como los gastos de mantenimiento. Pero mucho más importante que las anteriores son las invalorables pérdidas humanas que más o menos tienen lugar por rupturas o fallas provocadas por la corrosión.

Estas reflexiones anteriores nos llevan a la conclusión de que es necesario utilizar sistemas eficaces de protección frente a la corrosión.

Debido a que la corrosión se produce por combinación de los metales con el medio ambiente natural, el sistema de protección más inmediato y sencillo sería intercalar un medio aislante que actuara como pantalla entre el metal y el medio ambiente.

En esto se fundamentan los métodos de protección a base de recubrimientos o capas de barnices, pinturas y metales, que aíslan el metal que se desea proteger del medio circundante.

Existen varios procedimientos de protección, sin embargo, la solución definitiva al problema de la protección frente a la corrosión del hierro

y el acero a escala industrial se ha encontrado en los recubrimientos de metales menos nobles que el hierro, como son el Magnesio, el Aluminio, el Cadmio y el Zinc. De todos estos metales ha sido el Zinc el que se ha revelado como más interesante para esta función, por diversas razones técnicas y económicas.

Existen cinco métodos para aplicar recubrimientos de zinc al hierro y al acero. El método seleccionado en cada caso particular depende de varios factores: el tamaño y la forma de la pieza a proteger, la severidad de las condiciones de corrosión, y lógicamente, los factores económicos. A continuación se describe brevemente cada método así como la manera en que el zinc protege al acero de la corrosión:

1) Galvanización en Caliente

El acero limpio se sumerge en zinc fundido, formándose una aleación fierro-zinc sobre la que se deposita el resto de la capa de zinc.

2) Zincado por Proyección

La superficie una vez limpia, por chorreo con granalla, se rocía con pequeñas gotas de zinc semifundido por medio de una pistola especial, alimentada con alambre o polvo de zinc.

3) Zincado Electrolítico (Electro galvanización)

Consiste en la deposición electrolítica de una capa de zinc sobre una superficie limpia de acero utilizando para ello soluciones de sales de zinc.



#### 4) Metalización

Se introducen piezas pequeñas de acero preparadas adecuadamente en polvo de zinc calentado justamente abajo de su punto de fusión.

#### 5) Recubrimientos Ricos en Zinc

Las superficies metálicas se recubren utilizando pinturas que contengan suficiente polvo de zinc como para dar lugar a una película suficientemente protectora.

De todos estos procedimientos, el de "Galvanización en Caliente" es el sistema de protección mediante recubrimiento de zinc que tiene un campo de aplicación más extenso (desde tornillos hasta vigas de 30 m. de longitud, así como los diferentes tipos de equipos industriales), debido a que proporciona la protección más segura y duradera a un precio razonable. Permite obtener espesores de recubrimientos que van desde unos 42 micrómetros ( $300 \text{ g/m}^2$ ) hasta más de 170 micrómetros ( $1,200 \text{ g/m}^2$ ), según el espesor de las piezas y la clase de acero con que estén fabricadas.

Actualmente la producción mundial del zinc ha llegado a la cifra de 5'887,000 tons. y los principales productores son: Canadá, la Unión Soviética, Australia, los Estados Unidos de Norteamérica, el Perú, México y Japón.

En los países desarrollados el consumo de zinc les ha servido para medir el grado de desarrollo alcanzado y los economistas lo usan para

cuantificar cuando un país se considera sub-desarrollado o alcanzó el desarrollo.

El consumo total de zinc en México ha aumentado considerablemente en los últimos años al grado que se considera que sobrepasa en la actualidad los 1.5 kg. de zinc por habitante por año. Esta cifra nos lleva a pensar que México es un "país en desarrollo" y que el calificativo que durante muchos años se tuvo de país subdesarrollado quedó atrás.

A continuación se relaciona el consumo total de zinc en México, y su relación con el proceso de galvanizado, lo que nos da una clara idea de la importancia del mismo:

TABLA 2-1

Año	Consumo de Zinc Primario (Tons.)	Uso en Galvanización (Tons.)	% Utilizado en Galvanización
1978	79,166	26,740	34
1979	83,310	31,617	38
1980	88,908	39,321	44
1981	99,794	42,595	43

A continuación se desarrolla el tema, avocándose enteramente sobre el proceso de galvanización en caliente, o proceso por inmersión en caliente del acero laminado. Esto en proceso continuo.

La materia prima viene representada por el acero laminado (o lámina negra) y por el zinc; ambos reaccionan formándose una aleación, el producto es la lámina galvanizada cuya aplicación en el mercado es muy vasta.

## CAPITULO III

### OBTENCION DEL ACERO LAMINADO

La lámina se obtiene mediante la reducción progresiva del lingote por medio de molinos especiales, los cuales trabajan el acero en caliente o en frío. Además del proceso básico de reducción en los molinos, la lámina sufre una serie de operaciones complementarias mediante las cuales se modifican o ajustan sus características mecánicas o de superficie.

Para facilitar la descripción del proceso HYLSA, se incluye a continuación una breve explicación del mismo.

#### FUNDICION

El acero es producido en hornos eléctricos, que utilizan como fuente térmica el arco eléctrico formado dentro del horno y controlado automáticamente. Las características fundamentales de operación de este tipo de hornos han permitido la uniformidad en la calidad del acero así como en la versatilidad de sus aplicaciones.

La carga metálica que utilizan los hornos eléctricos, consiste principalmente en Fierro Esponja complementada con chatarra seleccionada,

El fierro esponja como materia prima, proviene de las plantas de fierro

esponja y se origina de minerales de fierro seleccionados y reducidos directamente con gas mediante el procedimiento HYL, primero en el mundo en operación industrial y orgullo de la tecnología mexicana.

El acero una vez ajustada su composición y refinado, se vacía en moldes especiales o lingoteras, previamente acondicionadas, en las que solidifica hasta permitir su extracción mediante mecanismos especiales.

El lingote así obtenido pasa a la sección de Molinos Calientes.

Los lingotes producidos en el departamento de aceración se cargan en hornos de fosa, donde reciben un calentamiento gradual uniforme hasta obtener la temperatura requerida para su reducción.

### MOLINOS CALIENTES

Durante la operación de reducción seccional del acero en caliente (laminado), se aprovechan las características plásticas que presenta a alta temperatura. Esta operación se efectúa progresivamente en el molino de desbaste y el molino de acabado. El molino de desbaste auxiliado por un molino vertical (canteador), trabaja el lingote previamente calentado en los hornos de fosa (1150°C) y en reducciones sucesivas se obtiene un planchón de espesor que varía de 12,7 a 25,4 mm. (0,5" a 1").

Dada las elevadas temperaturas del acero en ambos molinos durante su rolado, se forma óxido en la superficie que se elimina en distintas

fases del proceso mediante estaciones descascaradoras utilizando agua y vapor a alta presión.

El planchón obtenido en el molino de desbaste pasa al molino de acabado donde continúa su reducción. Este molino, por la longitud de la cinta así como por la caída de temperatura del acero, cuenta en ambos lados con hornos enrolladores cuyo objeto es mantener su temperatura arriba del punto crítico necesario para continuar su reducción en caliente. El molino de acabado transforma el planchón en una banda de espesor variable hasta 1.21 mm. (0.085"). Una vez terminada su reducción, se envía a los enrolladores pasando previamente por estaciones de enfriamiento, en las cuales se controla su estructura interna, de acuerdo con el proceso posterior o uso a que se destine como lámina rolada en caliente.

Durante todo el rolado en caliente se controla estrictamente la temperatura del acero, que es importante no sólo para mantener la plasticidad necesaria en su rolado, sino también para impartirle por medio del control de su estructura interna las características físicas requeridas en la lámina.

#### DECAPADO

Debido a la alta temperatura del rolado en los molinos calientes, la banda de lámina se ve afectada en su superficie por una capa de óxido, la cual debe ser eliminada para poder continuar su reducción en frío, o bien porque así lo estipula la orden de fabricación cuando se trata de lámina rolada en caliente.

Para eliminar esta capa de óxido se utilizan en la línea de decapado, descascaradores mecánicos y soluciones de Acido Sulfúrico a diferentes concentraciones y temperaturas. A la salida de la línea la banda de acero pasa por tanques de enjuagado, secadores, y después de una completa inspección de superficie, dimensiones y dureza, es enrollada.

### MOLINOS FRIOS

Se llaman así debido a que reducen en frío, por medio de presiones y tensiones combinadas, el espesor de la banda producida en molinos calientes. Para efectuar esta operación se utilizan modernos molinos reversibles con controles automáticos.

Para evitar el aumento de temperatura por fricción, debido a las altas presiones de los rodillos sobre la banda de acero, se utiliza una solución a base de aceite soluble que cubre totalmente la sección de trabajo durante el proceso.

El laminado en estos molinos sigue reglas precisas respecto al porcentaje de reducción de la banda. Esta reducción en frío modifica completamente la estructura interna del acero, y su restitución posterior en el tratamiento térmico está directamente relacionada con el tipo de acero, porcentaje de reducción en frío y el uso final de la lámina.

### LINEA LAVADORA

Previo el tratamiento térmico necesario para restaurar las características

de ductilidad del acero rodado en frío, la lámina pasa por la "línea lavadora" donde por medio de soluciones detergentes alcalinas, se elimina el residuo del aceite utilizado durante su reducción en frío. El objeto de esta operación consiste en eliminar el aceite de la superficie para evitar se carbonice en el horno de recocido.

El sistema de esta línea mecánicamente es parecido al de la línea de decapado, es decir, la banda continua pasa sucesivamente por tanques de detergentes, de enjuagado, restregadores, secadores y enrollado final. En esta línea se verifica inspección completa de superficie, calibre y forma.

#### RECOCIDO (Tratamiento Térmico)

Como se mencionó anteriormente, la estructura cristalina de la banda de acero durante su paso por molinos fríos, se distorsiona y elonga progresivamente en el sentido del rodado a expensas de la ductilidad, de tal manera que termina con alta dureza y elevado esfuerzo a la ruptura.

Para restaurar la estructura cristalina y eliminar los esfuerzos internos producidos por el rodado en frío, se requiere un tratamiento térmico adecuado, con el cual baja la dureza y consecuentemente aumenta la ductilidad de la lámina. Este tratamiento térmico se efectúa en "hornos de recocido", en los cuales se someten los rollos de lámina a elevación gradual de temperatura hasta un punto tal (dependiendo del tipo de acero y factores de reducción en frío), que regenere su estructura

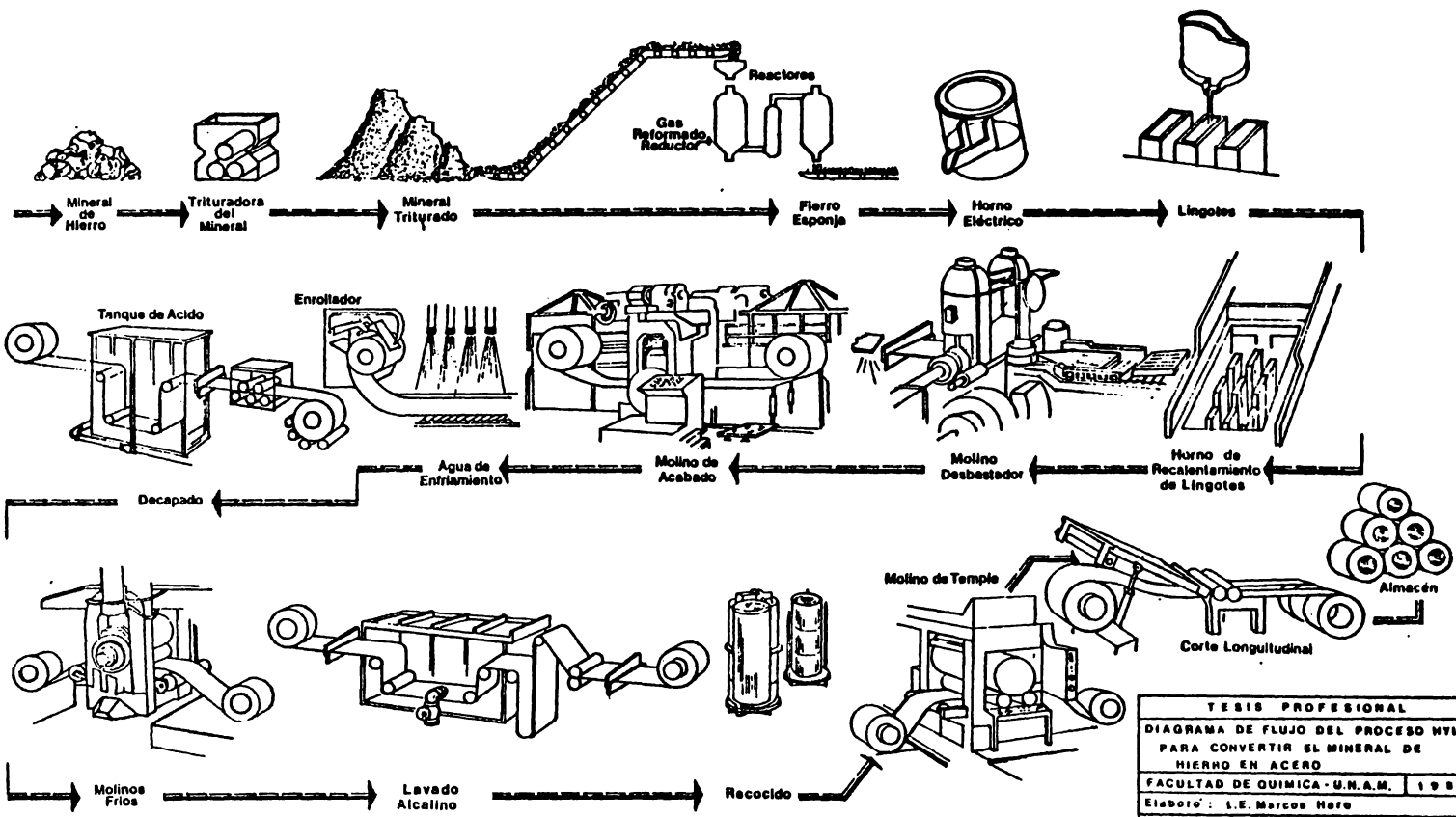


cristalina uniforme. Posteriormente se requiere un enfriamiento lento, usándose capuchas protectoras que sirven además para mantener al acero libre de oxidación, mediante una atmósfera reductora que se mantiene durante todo el tratamiento.

#### MOLINO DE TEMPLE

La lámina recocida, dada su extrema suavidad no puede utilizarse directamente en trabajos de troquelado, nivelado o dobleces porque produce "marcas" características en su superficie, las cuales entorpecen dichas operaciones. Para eliminar este problema, la lámina recocida pasa por un molino templador donde mediante la aplicación de presiones y tensiones ligeras, se aumenta su dureza superficial proporcionándose lo que comúnmente se llama "temple".

Esta operación viene a constituir el final de un conjunto de variantes, que se inician con el tipo de acero y que determinan la especificación o característica solicitada para un determinado fin.



TESIS PROFESIONAL	
DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO NYLSA PARA CONVERTIR EL MINERAL DE HIERRO EN ACERO	
FACULTAD DE QUIMICA · U.N.A.M. 1982	
Elaboró: S.E. Marcos Nave	

## CAPITULO IV

### TEORIA DE LA GALVANIZACION POR

#### INMERSION EN CALIENTE

El hierro y el acero se oxidan rápidamente cuando están expuestos a la acción de la atmósfera y el producto de la oxidación, que es esencialmente un óxido de hierro hidratado no protege al metal base por cuyo motivo éste sigue atacándose y llega a destruirse totalmente.

Un recubrimiento de zinc obtenido por galvanización en caliente protege la superficie del hierro o del acero con gran eficacia. Cuando se sumerge una pieza de hierro o acero en un baño de zinc fundido, el recubrimiento se forma por reacción entre el zinc y el hierro, quedando por lo tanto, perfectamente unido y aleado con el metal base.

Si en el recubrimiento de zinc hay pequeños espacios al descubierto (tales como raspaduras), éstas quedan igualmente protegidas contra la oxidación. Ello se debe a la diferencia de potencial electroquímico entre el zinc y el hierro, por lo que el zinc se oxida con preferencia al hierro y le proporciona de esta manera una "protección de sacrificio". Este tipo de protección, es una de las principales virtudes de los recubrimientos obtenidos por galvanización en caliente.

El zinc de recubrimiento reacciona ligeramente al contacto con el aire o el agua, la película que se forma en la superficie es compacta y protectora en alto grado y reduce la corrosión del zinc.

En ambientes rurales y otras atmósferas relativamente puras, un recubrimiento galvanizado dura largos años, e incluso en ambientes industriales severos impide durante años que el hierro o el acero se oxiden.

La duración de la protección depende naturalmente del espesor del recubrimiento.

#### PROTECCION CATODICA DEL HIERRO Y EL ACERO POR EL ZINC

Si ponemos un pedazo de acero y zinc dentro de un ambiente corrosivo tal como agua salada, vapor de agua, etc., nos daremos cuenta de que el medio comenzará a atacar la muestra expuesta.

Al unir una pieza de zinc a otra de hierro, ambos dentro de este ambiente crean una diferencia de potencial semejante a una pila eléctrica, con un polo (+) que será el zinc y un polo (-) que será el acero. El zinc es un metal que se corroe rápidamente, o pierde iones con rapidez. Durante la pérdida de éstos se libera una pequeña cantidad de fem que los dirige hacia el cátodo más cercano. El zinc anódico se corroe y proporciona a la corrosión una trayectoria de menor resistencia. Esta trayectoria de zinc protege al cátodo de hierro. Si se deja que el zinc anódico se desintegre por completo, el hierro inicia su etapa corrosiva.

A esta acción del zinc sobre el hierro o el acero se le conoce como , protección catódica o protección de sacrificio.

A continuación se presenta una tabla galvánica donde aparecen en orden diferentes metales. En teoría, los metales situados en la parte alta de esta serie proporcionan una protección catódica o de sacrificio a los metales que están debajo de ellos. Así por ejemplo, el zinc protege al hierro y al acero de la corrosión. También se deduce que el magnesio y el aluminio pueden proporcionar una protección del mismo tipo. En la práctica, sin embargo, se comprueba que el magnesio es demasiado reactivo y se consume muy rápidamente, y el aluminio forma una película de óxido muy resistente, lo que hace disminuir su eficacia como metal para protección catódica.

En el caso del níquel sucede lo contrario, ya que el hierro y el acero se convierten en positivos y le ceden partículas para que no se oxide el níquel.

El éxito de la protección depende del hecho de tener en cuenta que la corrosión es un proceso galvánico en el cual un metal se disuelve anódicamente, mientras que una reacción igual y opuesta se produce en el cátodo, estableciéndose un circuito eléctrico entre las uniones metálicas y el electrolito. Para que la protección sea eficaz, hay que romper este proceso electroquímico por donde resulte posible. La sustitución de un ánodo por otro que sea menos crítico cambia simplemente la marcha de la corrosión, y en el caso de un recubrimiento metálico sólo lo hace temporalmente.

TABLA 4 - 1 POTENCIALES DE ELECTRODOS

(E° volts)

$Mg^{+2}$	+	$2\bar{e}$	=	Mg	- 2.37
$Al^{+3}$	+	$3\bar{e}$	=	Al	- 1.66
$Mn^{+2}$	+	$2\bar{e}$	=	Mn	- 1.18
$Zn^{+2}$	+	$2\bar{e}$	=	Zn	- 0.761
$Cr^{+2}$	+	$2\bar{e}$	=	Cr	- 0.557
$Fe^{+2}$	+	$2\bar{e}$	=	Fe	- 0.44
$Cd^{+2}$	+	$2\bar{e}$	=	Cd	- 0.401
$Ni^{+2}$	+	$2\bar{e}$	=	Ni	- 0.23
$Sn^{+2}$	+	$2\bar{e}$	=	Sn	- 0.136
$Pb^{+2}$	+	$2\bar{e}$	=	Pb	- 0.122
$H^{+}$	+	$\bar{e}$	=	$\frac{1}{2}H_2$	0.000

FUENTE: John H. Perry. "Manual del Ing. Químico". UTEHA, 1974.

Harry B. Gray, G. Haight. "Principios Básicos de Química", 1972.

## DURACION DEL RECUBRIMIENTO

La vida o duración de un recubrimiento de zinc, sobre hierro o acero, depende del espesor de la capa y del medio ambiente. Esto es un principio fundamental para cualquier tipo de protección, bien sea galvanización en caliente, metalización u otros métodos.

La eficacia de estos recubrimientos está en relación directa con su espesor, siendo antieconómico aplicar un recubrimiento de bajo costo, cuyo espesor no sea suficiente para la duración que se precisa, en las condiciones particulares de exposición en determinado ambiente.

El espesor, normalmente, se expresa en gramos de zinc por decímetro cuadrado o metro cuadrado de superficie del metal base. Un recubrimiento de zinc de  $600 \text{ g/m}^2$  equivale a un espesor de 85 micras.

En ambientes industriales, las condiciones de corrosión son más severas que en los rurales o marítimos, por lo que la duración de un recubrimiento de zinc es menor que en estos últimos. La información que se facilita en la Tabla 4 - 2 siguiente, puede servir de orientación en cuanto a la duración que se puede esperar de un recubrimiento en distintas condiciones de servicio.

El incremento que ha experimentado el uso de estructuras de acero galvanizadas, que han de exponerse a la intemperie y de las que se espera que no precisen conservación alguna en mucho tiempo, ha dado como resultado una demanda de recubrimientos galvanizados de mayor

TABLA 4 - 2 CORROSION DEL HIERRO Y DEL ZINC EN DIFERENTES

AMBIENTES

Localidad (*)	Ambiente	EXPOSICION DURANTE		5 AÑOS Relación entre las velocidades de corrosión del hierro y del zinc	Duración esti- mada de un recubrimiento de 610 g/m <sup>2</sup> . - Años - (**)
		Velocidad de Corrosión (micras/año) Lingote de Hierro	Zinc		
1	Rural	56	2.3	24	34
2	Marino	114	3.2	34	23
3	Industrial	63	4.5	13	17
4	Industrial	68	4.0	17	19
5	Industrial	86	5.1	17	15
6	Industrial	119	15.0	8	5

(\*) Las poblaciones son inglesas.

(\*\*) Los años de duración se han calculado bajo el supuesto de que queda el 10% del zinc original cuando se inicia la oxidación del acero base, lo que ha quedado demostrado para los recubrimientos de uniformidad razonable.

FUENTE: (2) "General Galvanizing Practice". Hot Dip. Galvanizers Assoc., Londres.



espesor que el normal. Dado que la vida o duración de un recubrimiento galvanizado es proporcional a su peso, un aumento del espesor hasta 915 o 1,220 g/m<sup>2</sup>, puede prolongar considerablemente su duración y, por tanto, retrasar el momento en que se inicia la oxidación del acero base.

Cuando se precisa una duración mayor de la que razonablemente cabe esperar de un recubrimiento obtenido por galvanización en caliente, se puede considerar la posibilidad de aumentar su capacidad de protección mediante el empleo de pinturas. El sistema basado en un recubrimiento de zinc obtenido por galvanización en caliente y posteriormente pintado, puede conservarse indefinidamente.

Para el caso de la lámina galvanizada en proceso continuo (por inmersión) para la mayoría de sus aplicaciones, es suficiente un recubrimiento de 275 gr/m<sup>2</sup> (o capa G-90) para garantizar una durabilidad adecuada y eficiente.

#### MATERIALES ADECUADOS PARA GALVANIZACION

En líneas generales, puede decirse que la mayor parte de los materiales de hierro y acero que se utilizan en la construcción mecánica, pueden galvanizarse en caliente. Los aceros inoxidables y los muy aleados como los que se usan para piezas de maquinaria, presentan dificultades especiales, pero raramente se galvanizan. Para obtener recubrimientos satisfactorios son necesarios distintos sistemas de preparación para cada clase de material.

Los galvanizadores suelen tratar aceros suaves y, dentro de la escala de composiciones en que este material se suministra, las variaciones tienen poca influencia para el proceso de galvanización. Sin embargo, el acabado de la superficie tiene una gran importancia. El acero no es siempre enteramente homogéneo y su idoneidad para la galvanización se ve a veces gravemente afectada por la segregación, inclusiones de escoria, cascarilla de laminación, etc.

Un elevado contenido de silicio en el acero, ejerce una influencia importante en la velocidad de reacción entre el acero y el zinc fundido. Las variaciones en el contenido de carbono y, en menor grado, las de manganeso, influyen también sobre la velocidad de la reacción. Esta influencia es pequeña para las concentraciones en que dichos elementos se encuentran en el acero suave, pero la velocidad de reacción entre el acero y el zinc fundido aumenta considerablemente cuando el contenido de silicio sobrepasa el 0.12% aproximadamente.

Para el proceso continuo por inmersión, en México se utiliza recomendablemente el acero rolado en frío SAE-1010 (comercial), que tiene un bajo contenido de carbono.

#### RECUBRIMIENTOS OBTENIDOS POR GALVANIZACION EN CALIENTE

Un recubrimiento obtenido por galvanización en caliente se compone esencialmente de dos partes, a saber: una capa de aleación zinc-hierro, en contacto con la superficie del metal base, formada por la reacción entre el zinc y el hierro o el acero, y otra externa, de zinc no aleado.

Ambas contribuyen a impedir la corrosión y la duración del recubrimiento. En los procesos de galvanización continua, se hacen adiciones especiales al baño de zinc, para reducir la capa de aleación y, con ello, mejorar la ductilidad.

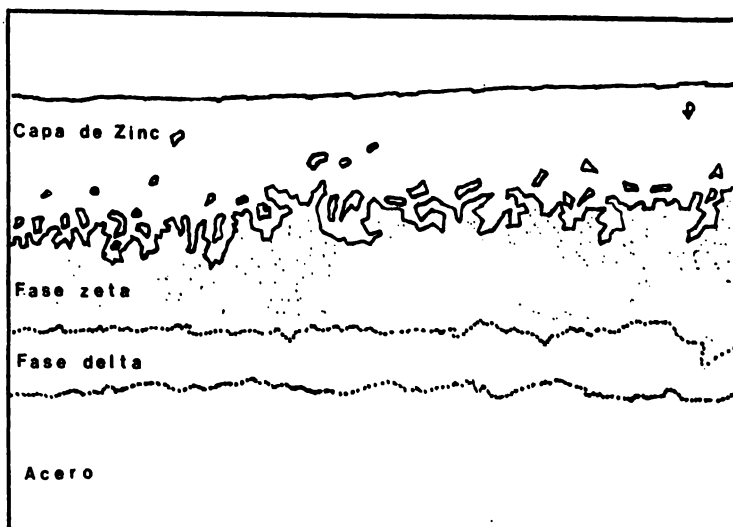
La aleación zinc-hierro posee una estructura compleja, es dura, menos maleable que la capa externa y más resistente al deterioro mecánico. Está compuesta a su vez de tres capas, que se diferencian por su distinto contenido en hierro y zinc. La capa que se halla más cerca del hierro o del acero es la fase gamma ( $\gamma$ ) la cual contiene 21-28% de hierro. Sigue la fase delta ( $\delta$ ), que contiene de 6 a 11% de hierro y luego, en la capa de aleación externa, la fase zeta ( $\zeta$ ), que contiene aproximadamente 6% de hierro. La fase gamma es muy delgada y no suele ser visible microscópicamente en recubrimientos comerciales, incluso con muchos aumentos, a menos que se tomen precauciones especiales al preparar la probeta para examen micrográfico. La fase zeta varía mucho de espesor y a menudo tiende a pasar a la superficie externa del zinc, especialmente si la superficie del acero que se está galvanizando es rugosa o posee características metalográficas poco comunes.

El espesor de la capa de aleación depende principalmente de:

- a) La rugosidad de la superficie del acero
- b) Temperatura del baño de galvanización
- c) Tiempo de inmersión
- d) Velocidad de enfriamiento

FIG. 4 - 1 DIAGRAMA DE UNA MICROGRAFIA TIPICA DE CORTE TRANSVERSAL DE UN ACERO SUAVE GALVANIZADO EN CALIENTE. TIEMPO DE INMERSION: 6 Minutos.

(AUMENTO APROXIMADO POR 400)



FUENTE: (2) "GENERAL GALVANIZING PRACTICE", HOT DIP. GALVANIZERS ASSOCIATION, LONDRES.

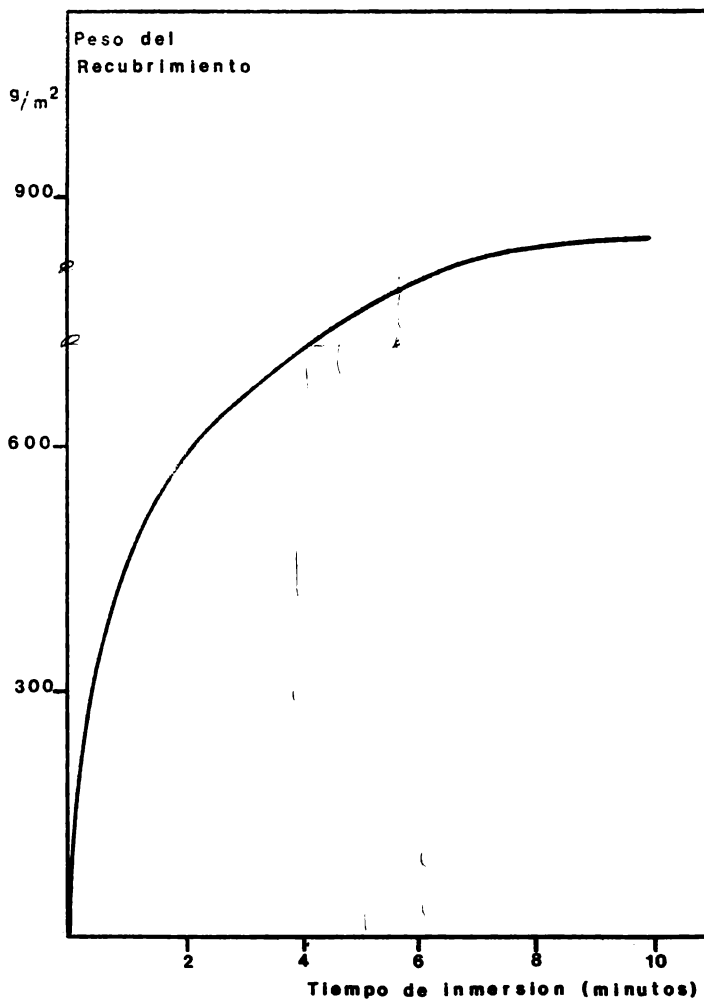
En ciertos aceros, su composición puede ser el factor más importante. La capa de aleación tiende a ser más gruesa a medida que aumenta la rugosidad de la superficie del acero que se galvaniza, probablemente debido a que presenta una mayor superficie para reaccionar con el zinc. La uniformidad del espesor es menor sobre una superficie rugosa que sobre una superficie lisa.

La capa de aleación crece también más rápidamente cuanto más elevada es la temperatura del baño de galvanización, pero la medida en que este factor puede usarse para conseguir una capa de aleación más gruesa, tiene límites basados en la práctica.

Cuando se galvanizan aceros ordinarios, la capa de aleación aumenta rápidamente durante los dos primeros minutos, y después la velocidad de reacción disminuye paulatinamente, hasta que llega a ser inapreciable, debido a que las propias capas de aleación tienden a asumir una función protectora, impidiendo que siga la reacción con el acero.

Es posible que la capa de aleación continúe aumentando lentamente durante el enfriamiento de las piezas galvanizadas, pero esto carece de importancia, excepto cuando las piezas tratadas son de secciones muy pesadas. En casos extremos, la capa de aleación se difunde por la superficie para formar manchas grises. Esta capa de aleación más gruesa y pesada hace que el recubrimiento posea mayor dureza, existiendo entonces cierta tendencia a la fragilidad. Cuando el revestimiento se compone enteramente de una capa de aleación de esta naturaleza, se le suele denominar "recubrimiento gris" y en algunos casos

FIG. 4 - 2 VARIACION DEL PESO DEL RECUBRIMIENTO CON EL TIEMPO DE INMERSION A UNA TEMPERATURA DE GALVANIZACION DE 455°C.



FUENTE: (2) "GENERAL GALVANIZING PRACTICE", HOT DIP, GALVANIZERS ASSOCIATION, LONDRES,

"mancha gris".

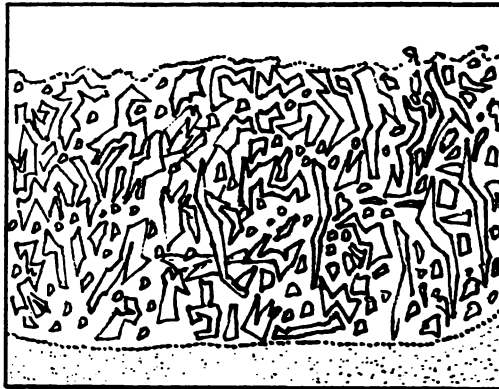
La capa externa está constituida sustancialmente por zinc que la pieza tratada ha arrastrado del baño de galvanización. El espesor de esta capa depende del grado en que el zinc fundido escurra de la pieza galvanizada. En líneas generales, una extracción lenta de la pieza facilita un buen escurrido y deja una capa delgada y uniforme de zinc, mientras que una extracción rápida tiende a proporcionar un recubrimiento grueso y aterronado que, además de ser poco atractivo, representa un derroche de zinc. La facilidad del escurrido depende también de la forma de la pieza.

#### EFFECTO DEL SILICIO EN EL ACERO

Si el contenido del silicio en el acero es superior al 0,12%, se forman recubrimientos gruesos a las temperaturas normales de galvanización. Esto se debe a que cuando el silicio se halla presente en el acero, en las proporciones indicadas, la capa de aleación aumenta linealmente con el tiempo de inmersión, a la temperatura normal de galvanización (450°C).

Con aceros de un contenido apreciable de silicio y particularmente en secciones gruesas, las piezas galvanizadas presentan normalmente un aspecto gris, como consecuencia de que el recubrimiento está constituido prácticamente por la capa aleada. Esto hace que el cliente pueda tener dudas acerca de la calidad del trabajo, sin embargo, estos recubrimientos grises tienen una resistencia a la corrosión

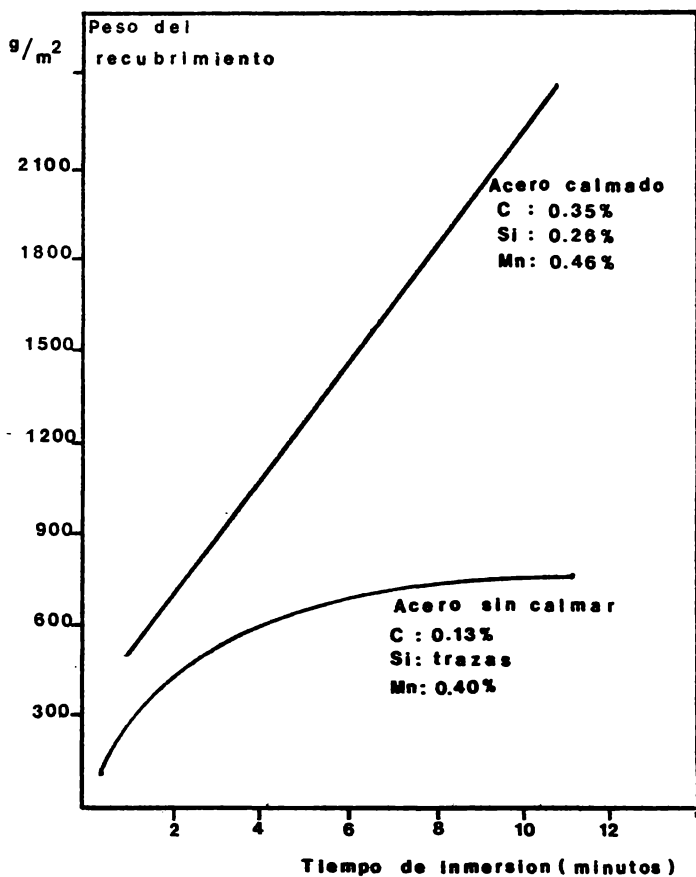
FIG. 4 - 3 MICROGRAFIA DE LA ESTRUCTURA DEL RECUBRIMIENTO DE UN ACERO CON 0.35% DE SILICIO (AUMENTO por 300)



FUENTE: (2) "GENERAL GALVANIZING PRACTICE".



FIG. 4 - 4 PESOS DE LOS RECUBRIMIENTOS SOBRE ACERO SIN CALMAR Y ACERO CALMADO CON Si, PARA UNA TEMPERATURA DE GALVANIZACION DE 455°C.



FUENTE: (2) "GENERAL GALVANIZING PRACTICE",

comparable a la de los revestimientos normales de espesor equivalente, no existiendo indicación alguna de que sean inferiores en ningún aspecto en lo que se refiere a sus propiedades.

### SUPERFICIE MATE O FLOREADA

El aspecto atractivo que confiere a la chapa galvanizada el floreado, resulta familiar a la vista, y es frecuentemente considerado por los consumidores como signo de un buen trabajo. Sin embargo, la resistencia a la corrosión de un recubrimiento floreado es exactamente la misma que la de uno mate de espesor equivalente, de manera que la única virtud atribuible al floreado, es la de ofrecer un aspecto más agradable.

El que se consiga un acabado floreado o un acabado mate, depende mucho de la rapidez con que las piezas son enfriadas. Si el enfriamiento es lento, el zinc de la superficie se solidifica en forma de cristales de gran tamaño. Cuando el enfriamiento es rápido, el tamaño de los cristales del recubrimiento externo de zinc es más pequeño y el floreado menos evidente. La adición de pequeñas cantidades de estaño al baño de galvanización, contribuye a producir un acabado floreado.

### LIMPIEZA CON ATMOSFERA REDUCTORA

Este método se conoce con el nombre de "método Sendzimir" y se aplica únicamente al material susceptible de ser trabajado en continuo y en elevadas producciones que justifiquen la fuerte inversión que significa una instalación de este tipo.

El material se hace pasar a través de un horno de túnel, en cuya primera parte la temperatura es, aproximadamente, de 450°C, y la atmósfera ligeramente oxidante. Allí tiene lugar la oxidación del aceite que suele haber sobre la superficie de la banda como protección contra la corrosión durante el almacenamiento. En la segunda parte del horno, la temperatura puede llegar hasta los 723°C (temperatura de la primera recristalización - diagrama Fe-C para un 0.1% - con lo que se consigue un material con buena aptitud a la embutición), o por encima de 900°C (temperatura de normalización que conviene cuando se desea un material apto para la embutición profunda); la atmósfera es una mezcla reductora de hidrógeno y nitrógeno obtenidos por craqueo del amoníaco. En esta zona del horno existe una ligera sobrepresión para impedir la entrada de oxígeno. El hidrógeno actúa reduciendo la ligera oxidación superficial que ha tenido lugar en el material en la primera parte del horno, y ya exenta del óxido entra en el baño de zinc sin que haya tenido lugar ningún contacto con el aire, previo un enfriamiento parcial hasta los 490-510°C.

La ventaja principal de este procedimiento reside en resumir en una, todas las operaciones de pretratamiento a las elevadas producciones que se logran por medio de una instalación que permite un máximo de automatización.

Mediante este procedimiento, las velocidades de movimiento del material a galvanizar han pasado de 20 m/mín a 150m/mín, y el ancho de la banda, que era de un máximo de 700 mm. hace algunos años, se ha conseguido aumentar hasta 1,500 mm.

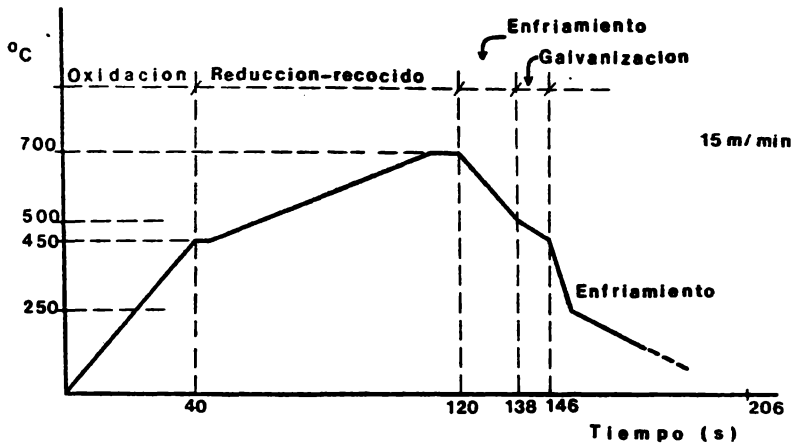
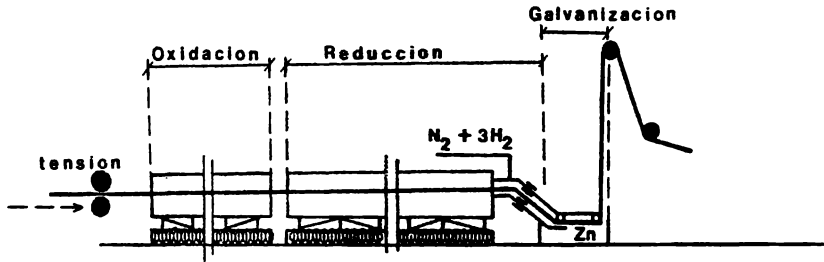


FIG. 4 - 5 (Arriba) CORTE LONGITUDINAL ESQUEMATICO DE UNA INSTALACION SENDZIMIR PARA LA GALVANIZACION EN CALIENTE.

FIG. 4 - 6 (Abajo) CICLO TERMICO DE UNA INSTALACION SENDZIMIR.

FUENTE: Dr. A.J. Vázquez. "Galvanización en caliente, el decapado del acero".

## INMERSION DEL MATERIAL

El objeto del tratamiento anterior es que el material llegue limpio al baño de galvanización y reaccione con el zinc fundido, formando un recubrimiento adherente y continuo. Suponiendo que el material esté bien preparado, la calidad del recubrimiento formado sobre un tipo particular de hierro o acero depende de:

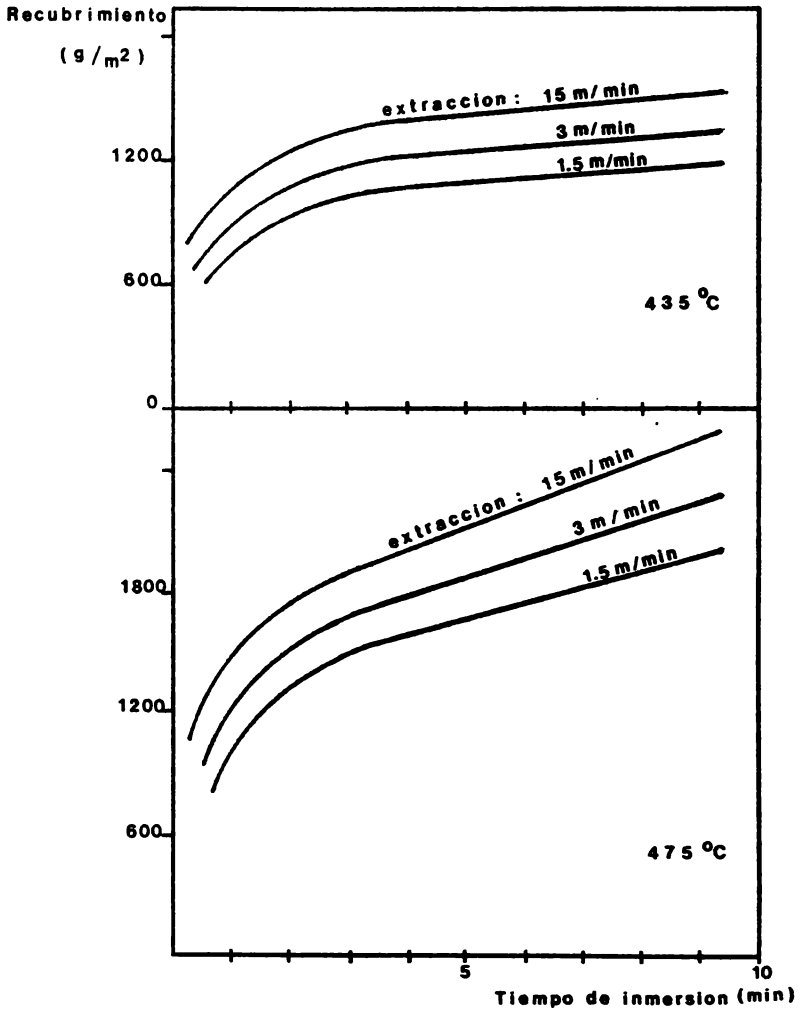
- a) La calidad del zinc
- b) Temperatura del baño de galvanización
- c) Tiempo de inmersión
- d) Velocidad de extracción

La Fig. 4-7 muestra cómo el espesor del recubrimiento sobre piezas planas de acero suave, depende de la temperatura del zinc, del tiempo de inmersión y de la velocidad de extracción.

## LA CALIDAD DEL ZINC

El lingote para galvanización generalmente es de GOB (Good Ordinary Brands), que tiene aproximadamente 99% de zinc. La pureza del zinc no es esencial pero determinadas impurezas individuales pueden influir en el espesor y estructura del recubrimiento formado y, por lo tanto, en su resistencia a la corrosión. La mayor parte de los galvanizadores tienen una capa de plomo en el fondo de los baños para favorecer la extracción de matas y, en ese caso, el zinc fundido estará saturado de plomo (aproximadamente hasta 1%). Por lo general se considera que es difícil galvanizar bien con concentraciones de plomo inferiores a 0,5%. Por otra parte, un zinc que contenga más de 1% no origina ningún inconveniente

FIG. 4 - 7 INFLUENCIA DE LAS CONDICIONES DE GALVANIZACION SOBRE EL PESO DE RECUBRIMIENTO.



FUENTE: (2) "GENERAL GALVANIZING PRACTICE".

ya que el exceso de plomo se separa en el fondo del baño al fundir el zinc.

El hierro es improbable que exceda de 0.05% en el zinc de primera fusión. Es preciso impedir que exceda de este valor, porque cada unidad de hierro origina 25 unidades de matas.

El aluminio no se encuentra en el zinc de primera fusión, pero sí puede encontrarse en el metal de segunda fusión. Frecuentemente se adiciona aluminio al baño de galvanización. Una cantidad pequeña, aproximadamente 0.005% reduce considerablemente la velocidad de oxidación del zinc fundido, disminuyendo las pérdidas de zinc, además proporciona un aspecto más brillante al material. El aluminio aumenta la uniformidad del recubrimiento, impidiendo la formación de grandes flores sobre la superficie del galvanizado.

La adición de cantidades mayores de aluminio, reduce la velocidad de formación de las capas de aleación. Por esta razón, el aluminio se añade a los baños de galvanización para ciertos procesos especiales, pero la presencia de 0.007% dificulta la operación, por lo que pocas veces se utilizan grandes concentraciones de aluminio para la galvanización en general. El aluminio generalmente se añade como aleación zinc-aluminio (hasta 20% Al) que se disuelve rápidamente en el zinc. Regularmente es preciso hacer adiciones complementarias para compensar las pérdidas de Aluminio (en el propio recubrimiento y por oxidación. La cantidad y frecuencia de estas adiciones debe determinarse por tanteo

en cada baño de galvanización. Como precaución contra un gran exceso de aluminio, las adiciones deben ser pequeñas y frecuentes (dos veces por turno). Un método rápido para conocer el estado del baño en cuanto a su contenido de aluminio, es distribuir algunos cristales de cloruro amónico sobre la superficie ligeramente oxidada del mismo. Si este contiene menos de 0.007% de aluminio, la película de óxido se disuelve y los cristales se desplazan casi libremente, pero si el porcentaje es mayor, quedan fijos en la superficie y se volatilizan gradualmente. Otra forma más usada y menos contaminante de conocer el contenido de aluminio es mediante análisis colorimétricos preparando estándares para diferentes concentraciones de aluminio.

#### EL REACTOR O PAILA DE GALVANIZACION

El reactor de galvanización está constituido por paredes de acero especial de 3.81 cm. de espesor. Generalmente este acero especial tiene la siguiente composición química:

	<u>%</u>
Carbono . . . . .	0.14
Manganeso . . . . .	0.44
Fósforo . . . . .	0.012
Azufre . . . . .	0.039
Cobre . . . . .	0.32
Cromo . . . . .	0.10
Níquel . . . . .	0.21
Silicón . . . . .	0.01

Las dimensiones de la paila son de 2.50 m. x 2.40 m., con una profundidad de 1.85 m. En el interior se encuentran dos rodillos que son:

Un rol de fondo de 0.61 m. de diámetro

Un rodillo tensor de 0.20 m. de diámetro



A continuación se tiene un perfil frontal de la paila de galvanización.  
La tensión de trabajo es de 750 kgs.

### MATAS EN SUSPENSION

Las matas o aleaciones de zinc-hierro que se forman en la galvanización,



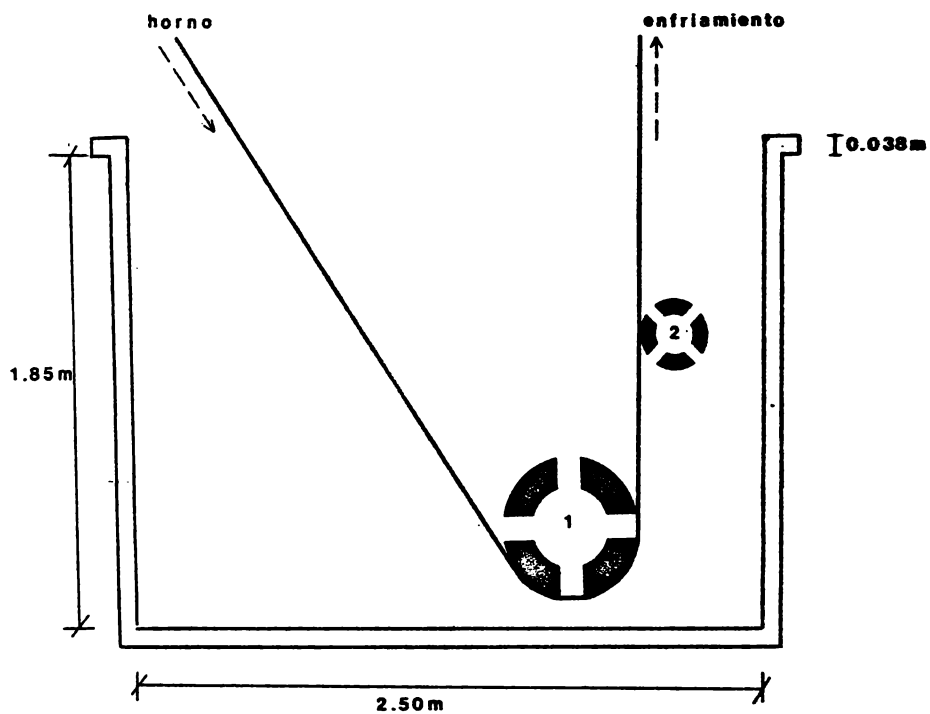
deben sedimentarse en el fondo del baño por lo que se evitará que éste se agite innecesariamente durante la operación de inmersión. Por lo tanto la paila de galvanización debe ser profunda.

Es esencial eliminar con regularidad las matas acumuladas en el baño de galvanización. La transmisión de calor a través de las matas pastosas es mala y por lo tanto, puede presentarse un sobrecalentamiento local del baño si hubiese muchas matas acumuladas en él.

### TEMPERATURA DEL BAÑO

Debe galvanizarse a la mínima temperatura que permita un escurrido fácil de zinc, durante la extracción del material. Una temperatura baja disminuye la formación de matas, además de proteger la paila y economizar combustible. La cantidad de matas es casi el doble si la temperatura del baño se eleva de 450°C a 470°C. La experiencia demuestra que casi todos los materiales pueden ser galvanizados satisfactoriamente en un intervalo de temperatura de 445° - 465°C, siendo una

FIG. 4 - 8 REACTOR DE GALVANIZACION (Perfil frontal)



(1) rol de fondo

(2) rol tensor

FUENTE: Galvak, S.A., Catálogo Técnico, 1982.

temperatura habitual de trabajo la de 450°C. Como la capa de aleación crece al elevarse la temperatura, es esencial controlarla, si se quiere una buena calidad del producto y una utilización eficiente del zinc.

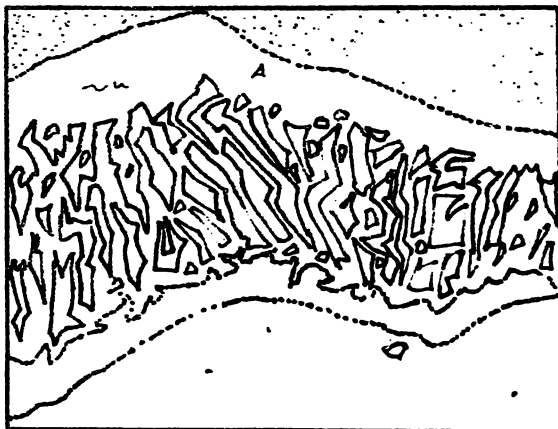
La temperatura crítica para la reacción entre el acero y el zinc fundido es de 480°C. Por debajo de esta temperatura, la capa de aleación compacta, que se forma en la superficie del acero, tiende a retardar la reacción zinc-acero y, eventualmente, casi la impide. Por encima de 480°C, la capa de aleación se cuartea en cristales no adherentes (Fig. 4-9), a través de los cuales el zinc puede penetrar hasta el metal base, continuando el ataque del acero a gran velocidad y con formación de gran cantidad de matas.

Es de vital importancia, para preservar la paila de galvanización que sus paredes en contacto con el zinc fundido no alcancen nunca los 480°C. Probablemente los períodos más peligrosos a este respecto son las interrupciones de trabajo. Las pailas de las instalaciones modernas se calientan con gas, fueloil o combustión indirecta de combustibles sólidos, pudiendo controlarse automáticamente regulando la entrada del combustible mediante un pirómetro sumergido en el baño de zinc, en la proximidad de la pared de la caldera. Los baños calentados directamente con coque no pueden regularse automáticamente y deben llevar un pirómetro y un registrador de temperatura.

#### TIEMPO DE INMERSION

En general se obtendrá un mayor recubrimiento a mayor tiempo de inmersión.

FIG. 4 - 9 MICROGRAFIA MOSTRANDO EL TIPO DE ALEACION  
NO ADHERENTE QUE SE FORMA POR ENCIMA DE  
480°C. (AUMENTO POR 400).



FUENTE; (2) "GENERAL GALVANIZING PRACTICE".

La capa de aleación aumenta a velocidad decreciente a medida que aumenta la permanencia del artículo en el baño.

#### VELOCIDAD DE INMERSION Y EXTRACCION

El material debe sumergirse tan rápidamente como sea posible, la velocidad de inmersión también influye sobre la uniformidad del recubrimiento.

En el sistema de galvanización continua, la velocidad de inmersión es igual a la velocidad de extracción y ésta varía según el calibre procesado.

Esta uniformidad de velocidades, aunado a la labor de las cuchillas sopladoras de aire, hacen que el acabado galvanizado sea de excelente uniformidad y presentación (cosa no fácilmente lograda por el proceso discontinuo).

## CAPITULO V

### PRODUCCION DE LA LAMINA GALVANIZADA

Actualmente más de 600,000 tons/año de acero laminado son galvanizadas por el proceso de inmersión en caliente en línea continua (50,000 tons/mes) incluyendo las líneas de acabado fosfatizado y acabado pre-pintado.

En México existen cuatro líneas continuas galvanizadoras de este tipo que obtienen lámina galvanizada como producto, tres pertenecen a IMSA (Industrias Monterrey, S.A.) y una pertenece a GALVAK, S.A. Estas empresas se reparten el mercado casi en la misma proporción; además estas cuatro líneas galvanizadoras son semejantes en esencia.

A continuación se describe de un modo general, una línea de proceso continua de galvanización por inmersión en caliente.

La línea de galvanizado continua que seguidamente se describe tiene las siguientes características:

Capacidad de la línea:	120,000 tons/año
Acero base a galvanizar:	Del cal. 30 al cal. 14.
Velocidad de proceso del cal. 30:	76 m/min.
Velocidad de proceso del cal. 14:	20 m/min.

4. La línea de flujo de proceso se puede dividir en las siguientes partes:

I Sección de Entrada

II Sección de Proceso

III Sección de Salida

IV Sección de Corte

## I SECCION DE ENTRADA

### Carro Porta-Rollos

En él se monta el rollo y lo transporta al mandril del desenrollador para el inicio de su proceso.

### Desenrollador

La función del desenrollador es alimentar de lámina para que se inicie el flujo del proceso.

### Soldadora

Al terminarse un rollo esta máquina, por medio de electrodos, lo une al rollo nuevo que se va a procesar.

### Desorillador

Aquí se le cortan las orillas a los rollos de 36 1/2" y 48 1/2" dejándolos en 36" y 48" respectivamente, con + 1/4" de tolerancia (de menos-cero). Se eliminan así golpes en orillas y ramilladuras.

A un lado de esta máquina se tiene un enrollador para hacer rollos pequeños del desorille que se quita a la lámina.

### Rodillo de Presión 2

Este rodillo sirve de transportador de la lámina en el flujo y de límite de la sección de entrada respecto a las demás. Al parar para hacer movimientos (soldar por ejemplo) se para desde el desenrollador hasta este rodillo.



### Acumulador de Lámina Negra

Consiste en dos carros acumuladores que almacenan suficiente material para asegurar una velocidad constante de alimentación de lámina a la sección de proceso. Al parar la sección de entrada para soldar el final de un rollo con la punta del otro, la lámina que había acumulada hace que el proceso sea continuo.

## II SECCION DE PROCESO

### Rodillo de Presión 3

En esta parte se inicia la sección de proceso y su finalidad es la transportación de la lámina.

### Unidad de Tensión

Está colocada inmediatamente después del rodillo de presión 3, y en ella se puede controlar la tensión de la lámina en la sección de proceso. Aquí se pueden quitar ondulaciones que traiga la lámina o provocarle marcas, dependiendo del cuidado en la forma que se trabaje.

### Horno del Proceso de Galvanizado

Consta de tres partes: F-1 (Pre-calentador)  
F-2 (Recocido)  
Jet Cool (Enfriamiento)

#### F-1 (Pre-Calentador)

En esta parte del horno, como su nombre lo indica, se le da un precalentamiento a la lámina para que no entre a la siguiente sección a la temperatura ambiente. Además, aquí se limpia a la lámina de todas las impurezas que pueda traer (grasa, aceite, etc.). El calentamiento se hace a fuego directo por medio de quemadores con una mezcla de kerosene y aire atomizado. La temperatura máxima del F-1 es de 1220°C en la cámara. La temperatura de la lámina debe estar en un rango de 550° a 700°C para que haya una buena limpieza en la superficie del acero.

## F-2 (Recocido)

Esta sección consta de cuatro zonas que calientan la lámina por medio de tubos radiantes hasta cambiar la estructura del acero para darle la troquelabilidad (dureza) requerida. La dureza está en función de la temperatura y del tiempo de permanencia de la lámina en el horno. Recocido el acero se pueden obtener acero de troquelado profundo, medio, duro o extrarrígido. La temperatura mínima debe ser de 750°C y la máxima de 950°C. La temperatura de la lámina debe ser de 745°C hacia arriba, dependiendo del troquelado que se requiera.

## Jet Cool (Enfriamiento)

El enfriamiento se compone de dos ventiladores y unos serpentines por donde circula agua, los cuales hacen bajar la temperatura de la lámina cercana a la temperatura del zinc para que al momento del baño haya una buena aleación entre estos dos metales. La temperatura de la lámina en esta sección debe estar alrededor de 500°C lo cual le puede ayudar también a tener una mejor apariencia.

## Galvanizado

Consta de las siguientes partes:

- . Paila
  - Rol de Fondo
- . Rol Tensor
- . Cuchillas Sopladoras
  - Torre alta de enfriamiento
- . Rol de Presión 4

### Paila

Aquí se da el recubrimiento de zinc al acero. La temperatura máxima debe ser de 450°C y la mínima debe ser de 440°C.

### Rol de Fondo

Sirve de apoyo a la lámina al pasar por la paila, está sumergido en el zinc y tiene un mecanismo para subir y bajar todo o de un solo lado para centrar la lámina.

### Rol Tensor

Este rol también está sumergido en el zinc y sirve para dar planeza a la lámina y que ayude a que salga derecha para que al momento de pasar por la cuchillas sopladoras den una capa uniforme.

### Cuchillas Sopladoras de Aire

Están sobre la paila y están alimentadas por un turbo para que al salir la lámina del zinc se barra el exceso de éste con aire a presión y quede una capa uniforme sobre el acero.

Para un acercamiento constante de las boquillas (cuchillas) a la lámina, entonces el espesor del recubrimiento de zinc dependerá de la presión de aire que se dé. Este espesor se mide en  $g/m^2$  o en  $onz/ft^2$ .

### Torre Alta de Enfriamiento

En esta torre están colocados ocho ventiladores para bajar la temperatura de la lámina desde 450°C que trae de la paila hasta la temperatura ambiente.

#### Rol de Presión 4

Hasta este rodillo llega la sección de proceso y su finalidad es de transportación de la lámina de esta sección hacia la de salida.

Al terminar esta sección se encuentra el tanque de pasivado, el cual contiene una solución química a base de cromatos, el cual se aplica en la lámina como una protección contra la oxidación y que cumple las mismas funciones que el aceite antioxidante. (Este recubrimiento es opcional).

El sistema de pasivado es con dos rodillos que sumergen la lámina en una charola alimentada de solución del tanque por medio de una bomba. Tiene dos rodillos escurridores de la solución a la salida del tanque y un ventilador para secar la lámina.

### III SECCION DE SALIDA

#### Acumulador de Salida

Este acumulador hace la misma función que el de lámina negra, pero a la inversa; normalmente está vacío y se va llenando mientras se hace la operación de sacar un rollo o paquete y empezar otro. Al terminar de hacer estos movimientos se vuelve a vaciar con sobrevelocidad.

#### Nivelador

En esta máquina se le pueden quitar ciertas ondulaciones que traiga la lámina y darle más planeza, mediante camas de rodillos que trabajan a presión sobre la cinta; se cuida solo que no aumente mucho el amperaje para que no se bote.

#### Brida de Salida

Transporta la lámina hacia el enrollador o la sección de corte.

#### Selladora

En ella se le pone a la lámina para identificación; la marca, el calibre y la NOM (Norma Oficial Mexicana) que rige su proceso y calidad.

#### Cizalla de Enrollador

Cuando se está trabajando a rollo o a hojas aquí se le cortan las soldaduras que vienen de "negro" cuando se une un rollo con otro.

#### Enrollador

Aquí se forma en rollo el producto terminado y tiene adaptado un devanador

nador que evita que se deformen las orillas de éste al estarse enrollando.

### Carro Porta Rollos

Este carro saca el rollo formado del enrollador para que lo tome la grúa y lo transporte al almacén de producto terminado.

#### IV SECCION DE CORTE

Consta de las siguientes partes:

Rodillo de Presión 5

Cizalla

Mesas transportadoras

Apilador de 2a.

. Apilador de 1a.

##### Rodillo de Presión 5

A este rodillo está adaptado un marcador digital que le manda la señal para poner la medida de las hojas que pueden ser de hasta 4.88 m (16 ft. de largo).

##### Cizalla

Corta las hojas según la señal electrónica del rol 5. Según el calibre puede cortar a una velocidad promedio de 15 hojas por minuto.

##### Mesas Transportadoras

Son dos mesas después de la cizalla para transportar las hojas hacia el nivelador y a los apiladores.

##### Nivelador de Hojas

Al enrollarse el material no se sabe si está bien nivelado el material, al cortarse en hojas en este nivelador se le puede dar la planeza que debe tener.



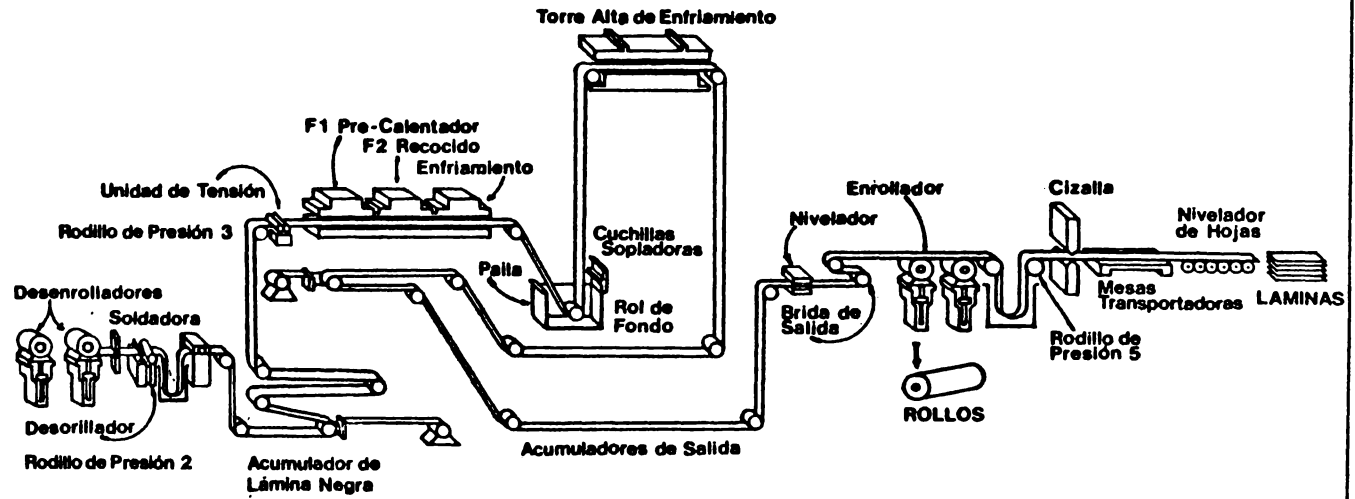
### Apilador de 2a.

Se encuentra después de la primera mesa transportadora y aquí se baja la lámina que tenga defectos que hacen que su calidad no sea de primera.

### Apilador de 1a.

Es el punto final del flujo del proceso de galvanizado. Aquí se hace el paquete de hojas de primera calidad en una tarima que se pone sobre una cama de rodillos que sube para empezar a formar el paquete, y baja con un declive al final para que salga por sí solo hacia una cama fija de rodillos de donde lo toma la grúa con una escrepa para transportarlo a pesarlo y después colocarlo en el almacén de producto terminado.

Para el formado uniforme del paquete el apilador tiene unas guías que abren y cierran en el ancho y un tope para el largo de la lámina que abre y cierra según la medida.



TESIS PROFESIONAL	
DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE GALVANIZADO EN CONTINUO POR INMERSION EN CALIENTE	
FACULTAD DE QUIMICA - U.N.A.M.	1982
Elaboró: L.E. Marcos Haro	

## CAPITULO VI

### CONTROL DE CALIDAD DE LA LAMINA GALVANIZADA

#### CONTROL DE CALIDAD

El control de calidad en el proceso de galvanizado es muy importante, ya que sin él no se sabría si las condiciones en que se está operando son las correctas para sacar un producto con las especificaciones requeridas. Tampoco se detectaría en qué momento hay un cambio en la calidad ya sea por defecto de materia prima, de máquinas en mal estado o fallas de operación.

En resumen el control de calidad es el mayor auxiliar del departamento de Producción, ya que marca los pasos a seguir para elaborar el producto que verdaderamente vaya a satisfacer las necesidades del consumidor.

El control de calidad para el proceso continuo de galvanización por inmersión en caliente se puede dividir en los siguientes pasos:

- I Inspección de Materia Prima
- II Inspección en la Sección de Entrada
- III Inspección en la Sección de Proceso
- IV Inspección de Producto Terminado

El control de calidad determinará si una lámina se clasifica como:

- a) Lámina de 1º ó 1º A para uso industrial

- b) Lámina de 1º ó 1º A para uso comercial (acanalamiento)
- c) Lámina de 2a. ó 1º B
- d) Chatarra

#### I.- INSPECCION DE MATERIA PRIMA

Al recibir la lámina negra del proveedor, se debe hacer un muestreo en cuanto a las condiciones que se pueden checar en rollo, tales como:

1º Que las medidas estén dentro de las especificaciones

Para esto se realiza lo siguiente:

- Calibración de la punta interior del rollo
- Calibración de la punta exterior del rollo
- . Medida del diámetro interior del rollo (50'8 cm. o sea, 20", requisito indispensable para su colocación en los mandriles del desenrollador)
- . Medida del ancho exterior del rollo (36 1/2" ó 48 1/2")
- . Medida del ancho interior del rollo (36 1/2" ó 48 1/2")

2º Que no traiga ramilladuras demasiado grandes

3º Que no esté oxidado el material.

El no cumplimiento de las especificaciones anteriores implica una devolución al proveedor.

También aquí se hace el primer control preventivo al aplicar aceite antioxidante sobre los cantos de todo el material que se recibe, esto es, con el fin de protegerlo contra la oxidación durante su almacenamiento.

## II.- INSPECCION EN LA SECCION DE ENTRADA

En esta sección se vuelve a revisar el ancho del material que entra al proceso, para checar las variaciones que puedan haber.

Asimismo se vuelve a revisar el espesor para ver las variaciones que tenga y así poder determinar un posible descalibrado ya sea a un espesor superior o inferior.

También en esta sección se anotan todos los defectos de apariencia de la lámina negra, tales como: óxido de agua, óxido de rolado, ramilladuras, camber, exceso de grasas, ondulaciones, aglobaciones, tubo, escamas, perforaciones, etc. (Ver Tabla 6-1).

Estos defectos de la lámina negra, no son visibles en el rollo almacenado pero sí en la línea cuando pasa a ser desenrollado.

Por otro lado, cuando un rollo viene mucho más de 36" ó 48" en su ancho (más de 36 1/2" ó 48 1/2") no hay problema porque se desorilla. Pero si el rollo de lámina negra llega menos ancho que 36" ó 48", esto puede obligar a una posterior degradación a lámina galvanizada de 1º B por estar descuadrada.

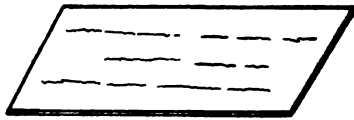
También si el rollo está muy descalibrado, esto obliga a no yenderse como tal, sino pasarlo a la sección de corte para cortarlo en hojas de stock; posteriormente a esto se separan los calibres diferentes que puedan haber.

Tabla 6 - 1 DEFECTOS MAS COMUNES EN LA LAMINA NEGRA

DESCRIPCION	CAUSAS QUE LO OCASIONA	EFEECTO PRODUCIDO EN LAMINA GALVANIZADA
1. <u>Oxido de Agua</u> Son manchas producidas por el agua durante el laminado	<ul style="list-style-type: none"> <li>. Largo tiempo de almacenaje con los proveedores.</li> <li>. Mojadura durante el transporte</li> <li>. Humedad atrapada en el enrollado.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>. Material áspero donde presentaba la mancha de óxido de agua.</li> <li>. Mala adherencia</li> <li>. Apariencia opaca. Puntos negros</li> </ul>
2. <u>Oxido de Rolado</u> Son pequeñas salientes estiradas en el sentido de la laminación y distribuidas sobre la superficie de la lámina	<ul style="list-style-type: none"> <li>. Incrustaciones de óxido de hierro que se embeben en la lámina durante el rolado en caliente.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>. Mala adherencia</li> <li>. Material áspero</li> <li>. Desvíos del material de calidad industrial a calidad comercial</li> </ul>
3. <u>Ramilladuras</u> Se presentan en las orillas de los rollos en forma de serrucho	<ul style="list-style-type: none"> <li>. Fallas en el desbaste de lingote a planchón. Incluye también la relación de azufre y manganeso en el acero.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>. Orilla aserrada, mala presentación</li> <li>. Material cabezón al levantar DROSS en la paila</li> <li>. Material más angosto de 36" debido a la profundidad de las ramilladuras</li> </ul>
4. <u>Camber</u> Desviación de la cinta por mayor reducción en un extremo lateral	<ul style="list-style-type: none"> <li>. Es originado por presión diferente en los extremos de los rodillos, durante el rolado en frío o en caliente</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>. Muy notoria en los carros acumuladores de lámina negra</li> <li>. No es notoria en hojas</li> </ul>
5. <u>Material Grasoso</u> Es un rollo de lámina con una cantidad excesiva de aceite de rolado	<ul style="list-style-type: none"> <li>. Mal lavado de la lámina</li> <li>. Exceso de aceite antioxidante</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>. Deficiente adherencia</li> <li>. Puntos negros</li> </ul>

DESCRIPCION	CAUSAS QUE LO OCASIONA	EFFECTO PRODUCIDO EN LA LAMINA GALVANIZADA
<p>6. <u>Ondulaciones</u>  Consiste en una mayor longitud en las orillas que en el centro de la lámina, afectando su planeza</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>. Fallas en el sistema de enfriamiento de los rodillos de trabajo del molino frío.</li> <li>. Presión excesiva en un extremo de la lámina durante el rolado</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>. Material cabezón al enrollarlo</li> <li>. Material más angosto de 36" al aplicarle tensión al material para quitarle la ondulación</li> <li>. Desvíos de uso o calidad</li> </ul>
<p>7. <u>Aglobaciones</u>  Se presenta en forma de bolsas en el centro y a lo largo de la lámina</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>. Rectificado inadecuado en los rodillos de trabajo</li> <li>. Fallas en el sistema de enfriamiento</li> <li>. Dilatación central</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>. Material sin planeza adecuada</li> <li>. Material rayado por las boquillas de aire que se encuentran en la paila</li> </ul>
<p>8. <u>Tubo o Rechupe</u>  Material que al ser laminado se forma una separación, aparentando ser dos hojas</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>. Falla al momento de cortar puntas y colas del planchón al rolarse</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>. Tubo o fractura del acero. Al hacer un formado o dobléz se abren las dos apartadas hojas</li> </ul>
<p>9. <u>Escamas</u>  Aparece en forma delgada unido al material por un extremo, alargado por la laminación y sobrepuestas a la superficie</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>. La originan salpicaduras sobre las paredes de la lingotera al momento del vaciado, quedando como incrustaciones al ser rolado</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>. En algunos casos se originan perforaciones debido a la temperatura y tensión a que se somete la lámina</li> <li>. Origina que el material sea degradado a 2a. calidad (6 1º B)</li> </ul>
<p>10. <u>Perforaciones</u>  Son agujeros irregulares que se presentan en diferentes formas sobre la superficie de la lámina</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>. Defecto de laminado</li> <li>. Rodillo defectuoso o con incrustaciones</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>. Perforaciones en el material</li> <li>. Defecto poco común</li> </ul>

FIG. 6 - 1 DEFECTOS COMUNES EN LA LAMINA NEGRA



OXIDO DE ROLADO



RAMILLADURAS



CAMBER



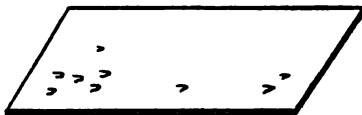
ONDULACIONES



AGLOBACIONES



TUBO Ø RECHUPE



ESCAMAS



PERFORACIONES



### III.- INSPECCION EN LA SECCION DE PROCESO

- 1º En el precalentador F-1, se tiene un control preventivo en lo que se refiere a condiciones de la combustión, la cual se determina mediante un análisis ORZAT para obtener los porcentajes de Dióxido de Carbono, Monóxido de Carbono y Oxígeno. Dependiendo de estos resultados se puede determinar si la combustión es buena o es deficiente. Una mala combustión implicaría una mala limpieza que causaría baja adherencia del zinc.
  
- 2º En el F-2 ó Sección de Recocido, se tiene un control preventivo en lo que respecta a las condiciones atmosféricas del horno, las cuales se determinan mediante un aparato llamado ALNOR, el cual reporta en grados (°C) la humedad que se tiene en el horno.  
Esta es una prueba muy importante ya que al no tener las condiciones adecuadas de humedad se presentan partes con baja adherencia y puntos sin galvanizar.
  
- 3º En la paila, se tiene un control del % de Aluminio que debe tener la misma, para una buena adherencia del zinc con el acero. Concentraciones bajas del Aluminio reduce la velocidad de oxidación del zinc fundido, disminuyendo las pérdidas de zinc. Para concentraciones altas de aluminio reducen la velocidad de formación de las capas de aleación.  
El control de este elemento se debe hacer diariamente, generalmente se realiza mediante un análisis colorimétrico del metal fundido de la paila.

La paila además debe contener no menos de 98% de pureza de zinc.  
(Según ASTM A 525-73).

#### IV.- INSPECCION DE PRODUCTO TERMINADO

El producto obtenido, o sea el acero ya galvanizado es sometido a las siguientes pruebas de laboratorio e inspección, según las normas mencionadas:

- 1) Prueba de Adherencia: . . . . . NOM-B-55-1979/ASTM-A-525-1977
- 2) Prueba de Dureza: . . . . . DGN-B-119-1975/ASTM-E-18-67
- 3) Prueba de Elongación: . . . . . NOM-B-310-1981/ASTM-A-370-1977
- 4) Prueba de la Capa de Zinc: NOM-B-319-1971/ASTM-A-90-66
- 5) Inspección de Apariencia
- 6) Inspección de Dimensiones: NOM-B-55-1979/ASTM-A-525-1977

##### 1) Prueba de Adherencia

Estas pruebas se hacen de diferente manera según el calibre. Ejemplo:

- . Del calibre 30 hasta el calibre 24 se usa el impactómetro y dobléz a "OT".
- . Del calibre 24 hasta el calibre 14 la prueba de impactómetro ya no es significativa y se usa la prueba de dobléz a "OT".

##### La Prueba de Impactómetro

Se corta una tira de lámina a todo lo ancho con un largo de 4" y se introduce al impactómetro. Este a su vez consta de un tubo hueco graduado en lbs. y en el interior un embolso con una posta que se levanta hasta una cierta graduación y se suelta cayendo ésta sobre la tira de

lámina, penetrando la punta de la posta y formando un casquete esférico sobre la muestra. En la parte externa esférica se le coloca un pedazo de cinta adhesiva y se levanta fuertemente, no debiendo presentarse desprendimiento de zinc.

### La Prueba del Lockform

Otra forma de checar la adherencia es por medio del Lockform, el cual es un aparato que le hace a la lámina un dobléz que no es tan severo. En este dobléz tampoco debe desprenderse el zinc.

### La Prueba de Doblez a "OT"

Se corta una probeta de lámina a todo lo ancho con 2" de largo mínimo y se hace doblado a las probetas de lámina en varias partes a lo ancho sobre sí misma formando un ángulo de 180° utilizando un tornillo de banco o bien haciendo el dobléz a golpes de martillo. La capa de zinc no deberá mostrar desprendimiento o agrietamientos en el área sometida a la prueba.

La tabla 6-2 presenta las cantidades en libras en el impactómetro con que debe cumplir cada calibre y su tolerancia.

## 2) Prueba de Dureza

La dureza es el ensayo que más frecuentemente se utiliza en los metales, por ser de realización sencilla, y sus resultados son posibles de correlacionarse con la resistencia a la tracción y con el límite elástico para determinar el grado de troquelabilidad de la lámina.

Tabla 6 - 2 ESPECIFICACIONES DE ADHERENCIA PARA MATERIAL  
DE USO INDUSTRIAL

<u>Calibre</u>	<u>Mínima</u>	<u>Máxima</u>
30	80 lbs.	120 lbs.
28	120 lbs.	160 lbs.
26	120 lbs.	160 lbs.
24	120 lbs.	160 lbs.
22	OT	320 lbs.
20	OT	320 lbs.
18	OT	320 lbs.
16	OT	320 lbs.
14	OT	320 lbs.

FUENTE: Galvak, S.A. "Catálogo Técnico". 1982.

El ensayo de dureza se basa en medir la resistencia del metal a la penetración de un cuerpo esférico.

Cuando un penetrador bien diseñado es forzado contra el metal con una carga, se produce una impresión y la dureza se mide como una magnitud inversamente proporcional a las dimensiones de la impresión.

Existen varios tipos de aparatos probadores de dureza, en el caso de la lámina galvanizada se utiliza generalmente un aparato ROCKWELL que es especial para materiales delgados debido a que sus huellas de penetración son muy pequeñas.

El aparato ROCKWELL mide la profundidad de huella o impresión producida por una bola de acero de 1/16" de diámetro. Cada cifra ROCKWELL corresponde a una penetración de 0.002" (0,05 mm). La escala ROCKWELL que se utiliza para medir estas durezas es la escala "B", y se aplican las siguientes cargas:

15 kg. para cal. 30.

30 kg. para cal. 28 y 26









45 kg. para cal. 22 y 24

100 kg. para cal. 20 al 10

A continuación se presenta una tabla con los rangos de los diferentes grados de troquelabilidad de lámina galvanizada, así como el formado recomendado para su uso:

TABLA 6 - 3

RELACIONES ENTRE LA DUREZA RB, EL TROQUELADO Y SU USO

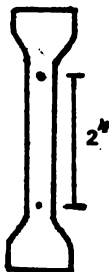
DUREZA ROCKWELL "B"	TIPO DE TROQUELADO	FORMADO
35 - 46	Troquelado Extraprofundo	Embutido 
47 - 55	Troquelado Profundo	Estampado 
		Rechazado 
56 - 65	Troquelado Medio	Rolado 
		Engargolado 
		Formados 
		Doblez 180° 
66 - 69	Troquelado Duro	Doblez 90° 
70 en adelante	Troquelado Extrarrígido	

### 3) Prueba de Elongación

Esta prueba es algo semejante a la de la dureza, pero de mayor confiabilidad. Consiste en checar el poder de estiramiento que tiene el material después de recocido, para así determinar qué formado o uso se le podría dar.

Para esto se procede del modo siguiente:

Se corta una muestra de 6" por el ancho del material, se cortan las probetas en una prensa, se decapan las probetas para que los extremos no resbalen con las mordazas del aparato de estiramiento. Se marcan dos puntos en las probetas a una distancia de 2" y se colocan en la máquina de tensión. Se le da la velocidad a la máquina y se observa el estiramiento de la muestra, y cuando se inicie la ruptura de la misma se detiene la operación. Seguidamente se quita la muestra y con la regla de extensión se mide nuevamente los dos puntos que se marcaron. En base a este estiramiento se saca el porcentaje de elongación. Una lámina con un 39% de elongación es excelente para formados severos.



Probeta antes de la prueba



Probeta después de la prueba

#### 4) Prueba de la Capa de Zinc

Según el método señalado por la ASTM-A-90, se efectúa de la siguiente manera: Se toma una muestra del rollo galvanizado y se le hacen tres perforaciones de 70 mm. de diámetro, una al centro y las otras dos en cada extremo del ancho de la lámina. Cada una de estas probetas se pesa en una balanza analítica con una aproximación de 0.001 grs. En seguida la capa de zinc es eliminada de cada una de ellas sumergiéndolas en una solución de ácido Clorhídrico al 50%. Se vuelven a pesar las probetas y por diferencia de peso se determina el peso del recubrimiento de zinc, el cual se reporta normalmente en onz/ft<sup>2</sup> ó en g/m<sup>2</sup> de superficie en ambas caras de la lámina.

Las capas de zinc generalmente suministradas son las siguientes:

1) G-90	0.90 onz/ft <sup>2</sup>	ó	275 g/m <sup>2</sup>
2) G-60	0.60 onz/ft <sup>2</sup>	ó	183 g/m <sup>2</sup>
3) G-30	0.30 onz/ft <sup>2</sup>	ó	92 g/m <sup>2</sup>

Es muy importante que el recubrimiento de zinc no sea menor que el G-30, puesto que la duración de la lámina galvanizada va a depender en gran parte de ello.

Ultimamente en México, los dos grandes galvanizadores en línea continua de acero laminado, han instalado en sus respectivos departamentos de control de calidad, unos modernos aparatos NDS (Nucleonic Data Systems), los cuales trabajan con ondas de alta frecuencia (radiacti-



vidad) proporcionada por el Americium 241. Estas ondas electromagnéticas irradiadas sobre el acero galvanizado, proporcionan una información más verídica sobre la cantidad de zinc depositado sobre el acero (generalmente cada 10 minutos).

#### 5) Inspección de Apariencia

Este chequeo es muy importante, ya que en el caso de la lámina industrial, al traer defectos, determina que su calidad sea desviada a - - 1: B, ó a calidad comercial si el defecto es poco intenso.

En el cuadro siguiente (Tabla 6-4) se enumeran los principales defectos de apariencia que pueden detectarse cuando ya ha terminado el proceso y antes del enrollado.

Existen otros defectos que son notorios posteriormente, tales como:

**Azulación:** Por falta de aceite protector y largo almacenaje

**Manchas Blancas:** Por atrapar humedad en almacenaje o transporte

**Fracturas:** Es por exceso de carbono en la composición química del acero y al troquelar se rompe.

**Tubo o Rechupe:** Inherente a la lámina negra; al realizar formado se abre en dos hojas.

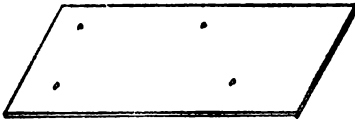
**TABLA 6 - 4 DEFECTOS MAS COMUNES EN LA LAMINA GALVANIZADA**

DESCRIPCION	CAUSA QUE LO OCASIONA	ACCION CORRECTIVA
<p>1. <u>Puntos Negros</u>                      Son puntos sin galvanizar sobre la superficie de la lámina</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>. Lámina demasiado sucia, con grasa excesiva</li> <li>. Mala combustión en el precalentador</li> <li>. Mala limpieza</li> </ul>	<p>Una gran cantidad de puntos negros puede ocasionar la desviación a calidad 2ªA.</p>
<p>2. <u>Nata de Zinc</u>                      Es un exceso de zinc en los extremos</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>. Mal soplado del aire, fluctuante</li> <li>. Boquillas tapadas</li> </ul>	<p>Desvfo a calidad comercial</p>
<p>3. <u>Rayas de Boquillas</u>                      Son marcas en forma de rayas sobre la superficie galvanizada</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>. Los defectos de "forma" en la lámina al pasar por las boquillas raspa la superficie de la cinta formándose marcaciones</li> </ul>	<p>Mala apariencia, desvía a calidad comercial</p>
<p>4. <u>Grano de Metal</u>                      Son asperezas sobre la superficie galvanizada</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>. Exceso de dross en la paila</li> <li>. Exceso de óxido de agua en lámina negra</li> </ul>	<p>Mala apariencia, desvía a calidad comercial</p>
<p>5. <u>Baja Adherencia</u>                      Se desprende el zinc, en las pruebas de control</p>	<p>Mala limpieza del precalentador</p>	<p>Desvfo a calidad 2ªA.</p>
<p>6. <u>Oxido de Rolado</u>                      Son líneas salientes de la superficie, a lo largo de la línea de proceso</p>	<p>Cuando la lámina negra trae incrustaciones de óxido de hierro embebido en el rolado en caliente</p>	<p>El exceso desvía a calidad comercial</p>

DESCRIPCION	CAUSA QUE LO OCASIONA	ACCION CORRECTIVA
7. <u>Descalibración</u> Cuando presenta diferente espesor la lámina	Rollo de lámina negra descalibrado	Desviación del rollo a corte en hojas
8. <u>Ondulaciones</u> Cuando hay mayor longitud en las orillas que en el centro	Rollo de lámina negra ondulado	Desviación del rollo a corte en hojas o a calidad 2ª
9. <u>Aglobaciones</u> Tienen forma de bolsas en el centro de la lámina	Rollo de lámina negra aglobada	Desviación a calidad comercial o a calidad 2ª
10. <u>Perforaciones</u> Son agujeros sobre la superficie de la lámina	Rollo de lámina negra con perforaciones	Desviación a calidad 2ª
11. <u>Ramilladuras</u> Son orillas en forma de serrucho	Rollo de lámina negra con ramilladuras	Desviación a calidad 2ª



FIG. 6 - 2 DEFECTOS COMUNES EN LA LAMINA GALVANIZADA



PUNTOS NEGROS



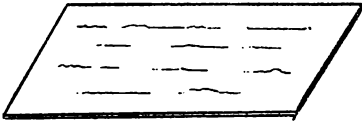
NATA DE ZINC



RAYAS DE BOQUILLAS



GRANO DE METAL



OXIDO DE ROLADO



ONDULACIONES



AGLOBACIONES



PERFORACIONES

## 6) Inspección de Dimensiones

La medida del material galvanizado en el ancho debe ser 36" y de 48". La tolerancia es de menos "0" y de más hasta 3/16". Para el corte en hojas se debe tener la misma tolerancia (de menos "0" y de más 3/16").

Para el espesor, la Tabla 9-2 especifica cada calibre con su tolerancia mínima y máxima.

## CRITERIOS DE CALIDAD

Se podría resumir el control de calidad sobre el producto terminado del modo siguiente:

- |  |  |
|--|--|
| 1) Control de la Capa de Zinc          | Prueba de Adherencia<br>Prueba de la Cantidad de recubrimiento |
| 2) Control del Acero Base              | Prueba de dureza<br>Prueba de % de elongación                  |
| 3) Control de Dimensiones y Apariencia |  |

Los defectos encontrados en los controles anteriores, hacen que la lámina galvanizada se clasifique en cuatro calidades, que son:

- Lámina Galvanizada de calidad 1<sup>a</sup> ó 1<sup>ª</sup>A para uso industrial.- Esta lámina es el producto deseable, que cumple con las exigencias industriales de la Norma Oficial Mexicana. Se utiliza para el formado de diferentes tipos de productos.
- Lámina Galvanizada de calidad 1<sup>a</sup> ó 1<sup>ª</sup>A para uso comercial.- Esta

lámina se destina para los diferentes tipos de acanalamiento, sus defectos son muy leves.

- c) Lámina Galvanizada de calidad 2<sup>a</sup> ó 1<sup>o</sup>B.- Esta lámina generalmente tiene defectos de apariencia notorios. Se comercializa con precios castigados de hasta 15% menos.
- d) Lámina Galvanizada de Chatarra.- Esta lámina tiene defectos extremadamente notorios que impiden su comercialización rápida.

Cabe notar que estos criterios de calidad, para un determinado defecto varían según los siguientes aspectos:

- a) Según la necesidad del mercado
- b) Según la exigencia de calidad del cliente
- c) Uso a que será sometida la lámina
- d) Según la intensidad del defecto considerado

Como ejemplo de esta influencia podemos decir lo siguiente:

Una lámina con óxido de rolado no afecta y puede ser calificada como lámina de 1<sup>o</sup>A por los fabricantes de ductos. Sin embargo los fabricantes de carrocerías y de artículos electrónicos lo calificarían como 2<sup>a</sup>. En la carrocería porque el defecto en el pintado persistiría y el segundo porque este óxido de rolado afectaría sus mecanismos de engranaje. Lo mismo sucede con las aglomeraciones y ondulaciones, por ejemplo, a los fabricantes de piezas cortas no les afecta y la absorben como lámina de 1<sup>o</sup>A, sin embargo, los fabricantes que utilizan tramos largos les perjudica y la consideran lámina de 2<sup>a</sup>.

A continuación se presenta un resumen de la secuencia del control de calidad.

### APILAMIENTO Y ALMACENAMIENTO

La condición principal en el almacenamiento es que no haya humedad. El recubrimiento puede ser atacado por una forma de corrosión conocida como manchas blancas si se almacena o transporta en condiciones inadecuadas, incluso antes de llegar al cliente.

Las manchas blancas se deben generalmente a la acción de películas o gotas de agua retenidas entre las superficies de las láminas galvanizadas apiladas.

Estas manchas blancas surgen principalmente por el almacenamiento o transporte en condiciones de humedad y mala ventilación. El apilamiento del material húmedo, la exposición a la lluvia durante el transporte y la condensación en atmósferas húmedas son causas de manchas blancas. El ataque se intensifica por la presencia de agentes corrosivos como vapores ácidos o niebla salina.

Para reducir al mínimo el riesgo de formación de estas manchas blancas, las láminas galvanizadas deben transportarse cubiertos y almacenarse o embarcarse en seco y con buena ventilación. Si es posible se dispondrá de calentadores para evitar la condensación.

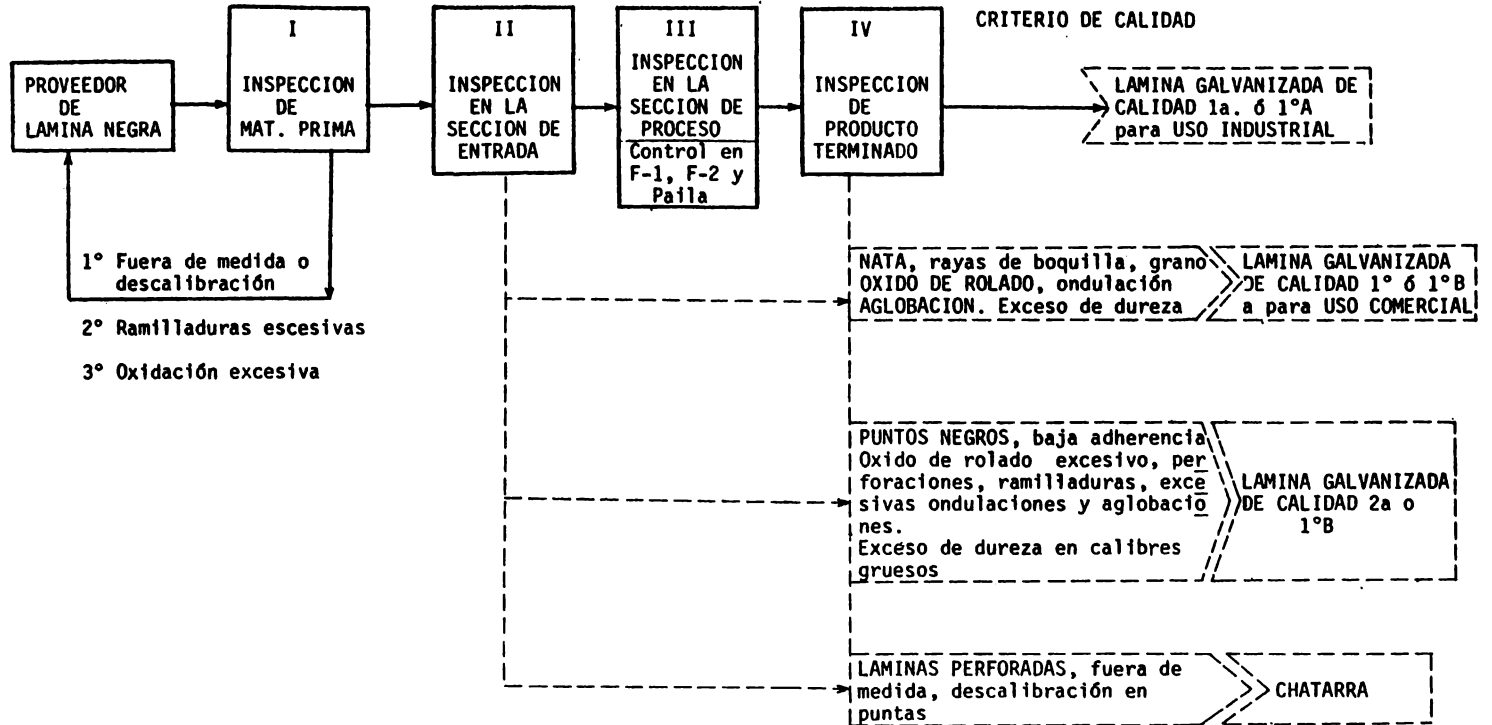
No debe usarse madera resinosa para el embalaje o los separadores, porque ésta podría iniciar la corrosión.

**El acero galvanizado se puede deteriorar si está en contacto con suelos formados a base de escorias de hornos o carbonilla.**

**Cuando los artículos galvanizados tienen que dejarse almacenados durante algún tiempo, no se apoyarán directamente sobre el suelo.**



CONTROL DE CALIDAD EN EL PROCESO DE GALVANIZACION CONTINUA



## CAPITULO VII

### USOS Y COMERCIALIZACION DE LA LAMINA GALVANIZADA

En el mercado, la lámina galvanizada tiene principalmente los usos siguientes:

Uso comercial

Uso industrial

#### USO COMERCIAL

El uso comercial de la lámina galvanizada, se denomina así principalmente al ACANALADO para el mercado de la construcción.

Los rollos de 3' y 4' de ancho de lámina galvanizada pasan por acanaladoras obteniéndose diferentes perfiles principalmente: ondulados, rectangulares, trapezoidales y estructurales, los cuales llegan a tener diferentes poderes cubrientes entre 70 cm. y 105 cm.

El 90% del mercado consume estos perfiles y de todos ellos el perfil más utilizado es el acanalado ondulado. El mercado utiliza más el ondulado más por costumbre que por otra causa ya que los otros perfiles poseen mayores capacidades de carga y resistencia.

Para este uso se consumen altas proporciones de los calibres 26, 28 y 30. También son utilizados los calibres 22 y 24, los otros calibres (salvo

casos especiales) no se utilizan por su alto costo ya que su peso por metro cuadrado es superior.

### USO INDUSTRIAL

El uso industrial de la lámina galvanizada, se denomina así, a toda lámina lisa galvanizada que sufre una deformación (formado) para obtener una pieza o producto.

La lámina lisa galvanizada para uso industrial se proporciona en diferentes grados de troquelabilidad como son:

- Troquelado extraprofundo
- Troquelado profundo
- Troquelado medio
- Troquelado duro
- Troquelado extrarrígido o full-hard

La experiencia que se ha tenido con el uso de la lámina industrial, ha llevado a las siguientes conclusiones:

Generalmente el mercado industrial utiliza dos tipos de dureza que son: troquelado medio y troquelado profundo. Los otros troquelados se utilizan en menor proporción comparados con los anteriores. Aproximadamente el 95 % del mercado industrial utiliza troquelado medio y el porcentaje restante los otros troquelados. El troquelado duro en calibres delgados es destinado principalmente para uso comercial.

La canalización del mercado a utilizar con un 95% troquelado medio es positivo, económica y prácticamente, puesto que obtener sobretodo el troquelado profundo y extraprofundo implicaría mayor consumo de energía y por lo tanto mayor costo del mismo tal como ocurre en la lámina negra.

Así, en el mercado de la lámina galvanizada, los precios por kg. sólo varían según los diferentes calibres y no según los troquelados.

### LAMINA GALVANIZADA EN LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCION

La competencia de la lámina galvanizada en este campo, la representan todos aquellos productos destinados a la construcción de techos y muros, siendo los más conocidos:

- . Las losas de concreto armado
- . Los muros de mampostería
- . Lámina de asbesto-cemento
- . Lámina de aluminio
- . Materiales fabricados a base de plásticos, fibra de vidrio, etc.
- . Lámina de cartón asfaltado

Analizando cada uno de ellos:

Las "losas de concreto armado" y los "muros de mampostería" han sido por mucho tiempo los materiales convencionales de construcción. Sin embargo, están siendo desplazados rápidamente por las construcciones metálicas, en donde interviene básicamente la lámina galvanizada por las siguientes razones:

La construcción a base de materiales convencionales es mucho más costosa y lenta, además de que requiere en la mayoría de los casos de un acabado final.

El edificio metálico además de ser más económico, su construcción es mucho más rápida y las cubiertas de techos o muros no requieren de ningún acabado posterior, además se aprovecha mucho mejor el área disponible y los diseños arquitectónicos se facilitan sobre manera.

Otra de las ventajas a tomarse en cuenta es que se obtienen cubiertas totalmente impermeables, esto a diferencia de las losas de concreto armado que requieren de una impermeabilización de su superficie.

La lámina de asbesto-cemento, es un producto que se encuentra fuertemente arraigado en el medio, principalmente por la idea que existe de que es un material aislante y por lo tanto más fresco que la lámina galvanizada. Lo anterior es falso; el asbesto-cemento es un mal conductor del calor, esto significa que el calor del medio ambiente tarda más tiempo en pasar a través de una lámina de asbesto-cemento que a través de una lámina galvanizada, pero al final de cuentas va a pasar todo y lo que es peor, una vez que esto haya sucedido lo va a retener en el interior del edificio por mucho más tiempo que la lámina galvanizada debido a su característica mencionada de ser mal conductor del calor.

El acero es un buen conductor del calor, por esta razón el calor pasa

a través de la lámina galvanizada en un tiempo más corto que en el asbesto-cemento, sin embargo, la superficie de la lámina galvanizada es reflejante y no absorbe el calor total del medio ambiente sino que parte de él es eliminado gracias a su poder de reflexión superficial. En cambio, la superficie del asbesto-cemento es opaca y absorbente, esto hace que la totalidad del calor del medio ambiente pase a través de ella.

Esta idea general de que el asbesto-cemento es más fresco que la lámina galvanizada, ha sido muy bien explotada por los fabricantes de asbesto-cemento para afianzarse en el mercado.

En realidad, la discusión de cual de los dos materiales es más fresco puede estar de más, pues un edificio bien diseñado, esto es, provisto de un eficiente sistema de ventilación ya sea natural o forzada, tendrá un interior igualmente confortable si se utiliza uno u otro material. Sin embargo, si se utiliza lámina galvanizada en vez de asbesto-cemento se obtienen las siguientes ventajas:

. La estructura requerida es mucho más ligera.

La vida del acero galvanizado es más duradera y resistente a la fractura, siendo mínimo su costo de mantenimiento.

La lámina de aluminio posee mayor resistencia a la presencia o al ataque directo de agentes químicos o sustancias corrosivas y es la única razón que justifica el uso de este material en cubiertas de techos o muros.

Esta lámina tiene una capacidad de carga mucho menor que la lámina galva-

nizada, razón por la cual se utilizan calibres muy gruesos. Además su costo es mucho mayor por kg. por lo cual su utilización en el mercado es muy limitada.

Los materiales plásticos, fibra de vidrio, etc. no son propiamente competidores de la lámina galvanizada, en la mayoría de los casos se usan como material de complemento. La principal razón para usar lámina de materiales plásticos es lograr una buena iluminación cenital. El costo de este producto también es mayor que el galvanizado.

La lámina de cartón asfaltado, es un material muy usado en el mercado, principalmente por las clases marginadas económicamente, sus precios de venta inferiores a los de la lámina galvanizada (esto aparentemente) es la principal razón por la cual se logra un alto consumo de este material.

Sólo se usa como cubierta pues no posee cualidades estructurales y su vida de servicio es muy corta.

Luego de este análisis, se llega pues a la conclusión de que por razones técnico-económicas, el acero galvanizado se ha introducido fuertemente en el mercado de la construcción. Ejemplo de esto es la cantidad cada vez mayor de construcciones, tales como:

- . Silos
- . Naves industriales
- . Escuelas, gimnasios, clínicas, campamentos, unidades habitacionales.

Incluso el sistema MULTYPANEL tiene un mercado de cinco millones de metros lineales anuales de paneles de acero y poliuretano. Los empresarios mexicanos sobrepasarán esta producción el próximo año para --- ingresar al mercado de la exportación.

#### LAMINA GALVANIZADA EN LA CONSTRUCCION: VENTAJAS Y DESVENTAJAS

<u>Lámina Galvanizada</u>	vs.	<u>Asbesto-Cemento</u>
1. Es un material ligero, man- obrable		1. Es un material casi tres veces más pesado, no fá- cil de manöbrar.
2. Su instalación es rápida y sólo requiere estructura ligera		2. Su instalación es lenta y requiere una estructura más fuerte, casi tres ve- ces más fuerte.
3. Se proporciona en varios espe- sores y se trabajan con cual- quier largo		3. Se proporciona en espeso- res y en largos limitados
4. Es fácil hacer cortes a estas láminas		4. Es difícil hacer cortes a estas láminas
5. No se rompen		5. Son frágiles y se rompen más fácilmente.
6. En su transporte sólo las man- chas por mojadura le dan una ligera mala apariencia		6. En su transporte, las frac- turas son su principal pro- blema.



- |  |   |
|--|---|
| 7. Los cambios violentos de calor y frío sólo la dilatan y contraen                              | 7. Los cambios violentos de calor y frío, la vuelven frágil y quebradiza  |
| 8. Casi nunca se necesitan romper láminas averiadas: por ello es menor el costo de mantenimiento | 8. La reposición de láminas averiadas es muy frecuente: por ello es mayor el costo de mantenimiento.  |
| 9. El tráfico de personas sobre ellas es poco riesgoso.  | 9. El tráfico de personas sobre ellas es riesgoso por la fragilidad de éstas.   |
| 10. No absorbe la humedad por ser metálico, por lo tanto no le afecta                            | 10. Tienen tendencia a absorber la humedad, esto le afecta debilitándola.   |
| 11. La durabilidad depende en alta proporción sólo de la capa de zinc de recubrimiento.          | 11. La durabilidad depende de la humedad, el frío, el calor, los violentos cambios de temperatura.  |
| 12. Su superficie metálica refleja el calor y los rayos de sol en alta proporción                | 12. Su superficie opaca absorbe totalmente el calor y los rayos de sol, en forma muy lenta pero los absorbe, lo más difícil es extraer este calor ya ingresado. |

- |  |     |   |
|--|-----|---|
| <u>Lámina Galvanizada</u>                                  | vs. | <u>Materiales Convencionales</u>                              |
| 1. Menor costo, rápido empaque, no requiere acabado final. |     | 1. Mayor costo, lenta construcción y requieren acabado final. |
| 2. Son impermeables  |     | 2. Las losas de concreto armado requieren impermeabilización. |

- |   |     |   |
|---|-----|---|
| <u>Lámina Galvanizada</u>   | vs. | <u>Lámina de Aluminio</u>                                       |
| 1. Menor resistencia a ataques químicos                           |     | 1. Mayor resistencia a ataques químicos o sustancias corrosivas |
| 2. Capacidad de carga mayores no requiriendo calibres muy gruesos |     | 2. Capacidad de carga menores, requiriendo calibres gruesos     |

- |   |     |  |
|---|-----|--|
| <u>Lámina Galvanizada</u>                         | vs. | <u>Lámina de Cartón Asfaltado</u>      |
| 1. Más cara pero de mayor durabilidad en servicio |     | 1. Más barata, pero de menos duración. |

La lámina galvanizada en la industria de la construcción no tan sólo se refiere a la lámina acanalada para techos y muros, sino también a la lámina lisa (calibres gruesos generalmente) destinada a fabricar elementos de construcción como polines, travesaños, tubos utilizados como postes para cercas de alambres, marcos, perfiles estructurales, casas

prefabricadas, piezas para carros de ferrocarril, murales, pisos, cacerías, almacenadores, etc.

### LAMINA GALVANIZADA EN LA INDUSTRIA AUTOMOTRIZ

Con el fin de obtener un mayor kilometraje por litro de gasolina, los productores de automóviles han estado reduciendo el peso de los mismos. Una de las formas de lograr este propósito ha sido sustituyendo piezas moldeadas en zinc, por piezas moldeadas en plástico o en otros materiales ligeros.

La información proporcionada por el Zinc Institute muestra que la tendencia en lo que se refiere a kilos de zinc por automóvil ha sido decreciente pues en alguna época se llegaron a usar más de 45 kgs.; hace cinco años se usaban alrededor de 22 kg y en fechas actuales se esperan únicamente 13 kgs. en promedio. Es conveniente hacer nota que un automóvil pequeño sólo usa 8,5 kg. de piezas de zinc, mientras que uno grande usa 17 kgs. Esta disminución en kg. de zinc usado por automóvil se debe en gran parte a la sustitución de piezas zincadas por piezas de plástico, pero también al aumento en el uso de piezas de zinc de paredes o calibres delgados.

Mientras el uso de plásticos en los automóviles se inició como una forma de reducir costos, en la actualidad la sustitución de piezas de zinc se hace con piezas de plástico de mayor costo, pues los ingenieros automotrices están dispuestos a sacrificar costos para reducir el peso de los automóviles.

Los fabricantes de aleaciones para fundición a presión y los moldeadores han desarrollado el moldeo de piezas de pared delgada como una forma de proteger su mercado, al fabricar piezas más ligeras y de menor costo.

Con el uso de la técnica de moldeo a presión en paredes delgadas se ha logrado disminuir el peso de algunas partes de automóviles.

Al hacer uso de esta técnica y lograr reducciones notables en el peso de las piezas, se tendrá un menor costo por materia prima, lo que se espera que ayude a atraer a los fabricantes de automóviles a utilizar de nuevo partes galvanizadas.

La reducción del espesor de las paredes para disminuir el peso de las partes así moldeadas, se hace utilizando diseños que permiten mantener la resistencia de estas piezas dentro de las especificaciones correspondientes.

#### LAMINA GALVANIZADA EN LA INDUSTRIA DE LA REFRIGERACION

En este campo la lámina es utilizada en la fabricación de refrigeración comercial, fabricación de equipos para aire lavado, aparatos de clima artificial y ductos utilizados con el mismo fin. Se utilizan en gran tonelaje calibres 20, 22 y 24, principalmente. En esta línea es cada vez más común fosfatizar el acero galvanizado para darle un acabado con pintura y así darle mayor resistencia a ambientes corrosivos, aparte de darle mejor presentación.

### LA LAMINA GALVANIZADA EN LA INDUSTRIA AVICOLA

El uso más frecuente de la lámina galvanizada en esta industria es la fabricación de ponederos, comederos, bebederos para aves y ganado, principalmente porcino. El consumo en esta línea de productos es en cuanto a calibres delgados, generalmente calibre 24, 26, 28 y 30.

### LA LAMINA GALVANIZADA EN LA INDUSTRIA PETROQUIMICA

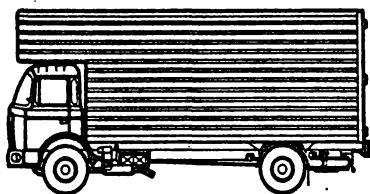
Contribuye a la fabricación de recipientes para transferencia de masa y de calor, barriles y recipientes en general.

### LA LAMINA GALVANIZADA EN LA INDUSTRIA DE ARTICULOS PARA EL HOGAR

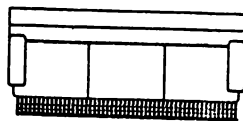
Sirve para fabricar cubetas, cestos, juguetes, cilindros, talladores, enyases, gabinetes, etc.

Otros artículos que implican en su proceso la utilización de lámina galvanizada son:

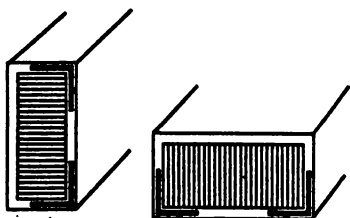
- Placas para los automóviles
- Tapas y partes de artículos electrónicos
- Registros
- . Muebles
- Flejes galvanizados



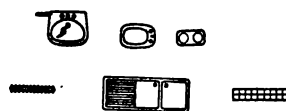
CARROCERIAS



SISTEMAS DE REFRIGERACION



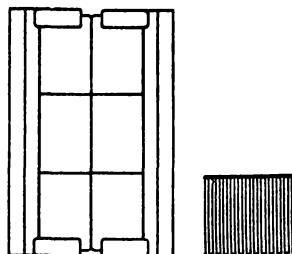
SISTEMAS DE AIRE ACONDICIONADO



PIEZAS ELECTRONICAS  
Y AUTOMOTRICES



RECIPIENTES



PUERTAS Y BARDAS



PLACAS DE  
AUTOMOVILES



SUPERFICIES PARA ANUNCIOS



CASAS PREFABRICADAS



ESTRUCTURAS

## CAPITULO VIII

### ASPECTOS ECONOMICOS

En lo que resta de la presente década, la industria siderúrgica nacional deberá desarrollarse a gran velocidad para producir doce a trece millones más de toneladas de acero, si es que ha de satisfacer el consumo que requerirá el país en 1990, esto implicará una inversión de 650 millones de pesos actuales.

La producción de acero crece a un ritmo anual superior al 8% y México constituye uno de los pocos países en el mundo donde la industria obtiene resultados favorables.

Como consecuencia de las medidas proteccionistas a su industria siderúrgica, México se ha constituido en la excepción en el marco del deprimido panorama latinoamericano y a pesar de la crisis siderúrgica mundial, registrando cifras de constante aumento productivo. En el período enero-agosto de 1981, México aumentó su producción de hierro primario de 448,500 toneladas a 470,000 toneladas.

El incremento porcentual de México -segundo productor de hierro primario en la región latinoamericana- fue de 13.1% en los siete primeros meses de 1981. Cabe mencionar que es grande el desafío que representa la



explosiva demanda como resultado del avance acelerado de la economía nacional.

El rezago creciente entre la oferta y la demanda ha obligado a importantes compras al exterior sobre 1,381 millones de dólares, lo que equivaldría a instalar una planta siderúrgica con 800 mil toneladas anuales de capacidad.

Al final de la década la demanda de acero del país no será inferior a 22 millones de toneladas lo cual equivale a una tasa anual de crecimiento superior a 10% y más del doble de la demanda prevista para este año de 1982.

Este crecimiento es preocupante en la presente década para todos los productos siderúrgicos, dentro de los cuales se encuentran los productos laminados.

Los economistas afirman que la escasez de la capacidad acerera nacional impediría un rápido crecimiento de las industrias del petróleo, de la construcción y de la industria automotriz, principalmente estos campos. Una escasez de estaño para la fabricación de latas ya ha paralizado a la industria del procesamiento de alimentos.

En cuanto a los precios nacionales del acero se han modulado dentro de una política que ha tendido a sacrificar la rentabilidad del sector en beneficio de otras actividades.

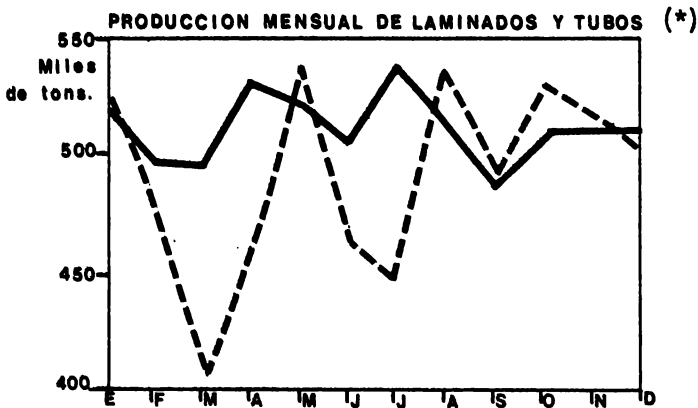
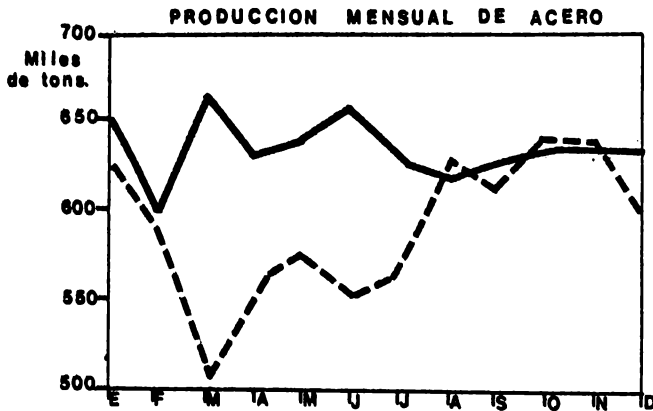


FIG. 8 - 1 El crecimiento que registra la producción de acero en México alcanzó los 5'718,000 T.M. de enero a septiembre de 1981; esto representa un nivel superior en 8.6% al de igual periodo en 1980. No obstante este avance, sólo cubrirá el 77% de la demanda interna esperada para 1981.

Fuente: Bancomer, S.A.

(\*) Tubos sin costura.

**Tabla 8-1**

**Variación de costos del acero laminado utilizado en la galvanización (en rollo, L. A. B., México, D.F.)**

LAMINA ROLADA EN FRIO	ENERO	DICIEMBRE	ABRIL
	1981	1981	1982
	<u>\$/Kg.</u>	<u>\$/Kg.</u>	<u>S/Kg.</u>
Ca1. 10 a1 20	19.00	22.60	29.20
Ca1. 21 a1 26	19.20	22.80	29.40
Ca1. 27 a1 30	19.70	23.30	29.90

Fuente: Placa y Lámina, S.A.  
Dirección de Precios

El sector privado actualmente exige un mecanismo que adecúe los niveles de precios domésticos de los productos siderúrgicos y que aseguren una compensación realista del impacto inflacionario propiciado por el aumento de precios en los insumos básicos del sector. También la problemática que representa la sobreoferta mundial a precios "dumping" es de preocupación y cuya solución depende de esquemas de control que garanticen un nivel adecuado de protección contra las importaciones innecesarias; así también las tasas de interés que en todo caso impactan no sólo al costo total del producto sino a la capacidad de inversión del sector que es muy intensivo en capital.

En cuanto al zinc se refiere, los precios de este metal varió a nivel nacional del modo siguiente: el precio mínimo fue de 36.21 centavos de dólar por libra y el máximo fue de 44.10 \$/lb con un promedio de 40.12 \$/lb. en 1981.

Según el Grupo Internacional de Estudio del Zinc y Plomo, la mayoría de los países productores de zinc han disminuido sus producciones en 1981 con respecto al año anterior.

De acuerdo a datos preliminares la producción de zinc refinado para el periodo de 1981 fue de 4,498 millones de T.M., lo cual significa que hubo un aumento del 0.6% con respecto al año anterior, durante el cual se produjeron 4,471 millones de T.M.

Con respecto al consumo, hay una disminución en este concepto ya que

**TABLA 8 - 2      PRECIOS DEL ZINC**  
**(Centavos de dólar por libra)**

<b>AÑO</b>	<b>PRECIO NACIONAL</b>	<b>PRECIO EN E.U.A.</b>
1977	28.91	34.392
1978	27.53	30.971
1979	34.47	37.296
1980	34.91	37.428
1981	40.12	44.55

Precios promedios anuales

FUENTE: Centro Mexicano de Información del Zinc y Plomo, A.C.

en 1980 se consumieron 4,483 millones de toneladas y en 1981 4,348 millones de T.M., lo que nos da una reducción del 3%.

Como se puede observar, la recesión que sufren los países más industrializados ha continuado afectando la demanda de este metal.

Para 1981 se había pronosticado que el consumo de zinc se recuperaría en países como Estados Unidos, Japón, República Federal de Alemania, Francia e Inglaterra; sin embargo, la demanda continúa disminuyendo.

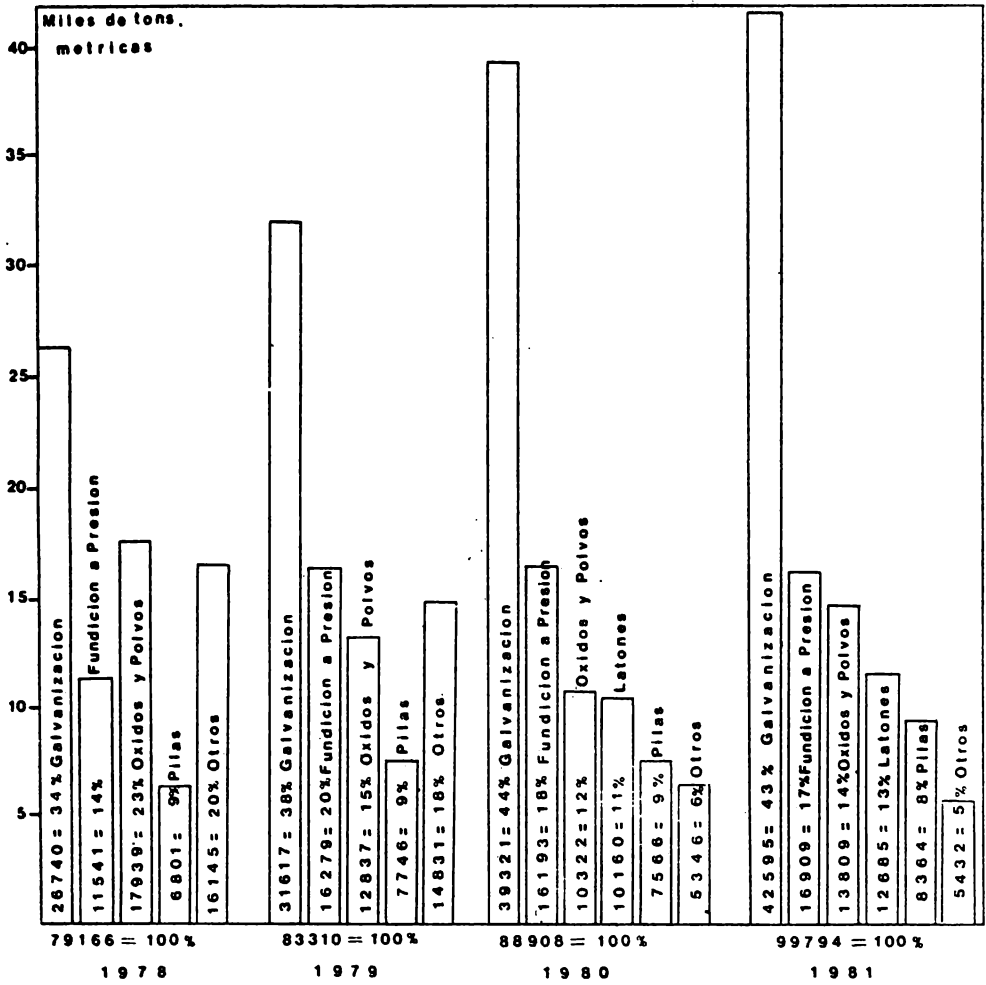
En 1981, la producción de zinc refinado en México fue de 18,5% inferior a la producción de 1980, al pasar de 145,363 T.M. en 1980 a 130,123 TM en 1981. El consumo mexicano fue de 99,734 tons. en 1981, o sea hubo un 8.3% de incremento respecto a los 88,908 tons. de consumo en 1980. Esto se debió al igual que en ocasiones anteriores a mayores consumos en los sectores de galvanización (Ver Fig. 8-2).

#### ACERO GALVANIZADO: ASPECTOS ECONOMICOS

El incremento en los costos de producción de los insumos básicos, propiciada por la inflación que ha sufrido el país en los últimos años trajo como consecuencia una disminución radical de la rentabilidad del sector de galvanización en caliente continuo.

Generalmente en este sector, los costos directos (mano de obra, materia prima, gastos variables, amortizaciones) representan un 60 a 70% del

FIG. 8 - 2 CONSUMO DE ZINC EN MEXICO POR USOS  
(1978 - 1981)



FUENTE: Centro Mexicano de Información del Zinc y Plomo, A.C.

total tomando como base 100% la facturación neta.

Si nos fijamos en la Fig. 8-3 para el calibre 10, se puede ver que sólo el costo de la materia prima (acero y zinc) representaba en enero de 1981 el 85% del precio de facturación, en diciembre de 1981 es de 84% y en mayo de 1982 es del 79% del precio de venta.

Para el calibre 30 galvanizado (lámina delgada) la situación es más crítica, pues el costo de materia prima solamente representaba el 87% del precio de venta en enero de 1981, el 71% en diciembre de 1981 y el 98% en mayo de 1982. (Fig. 8-4).

Esto último es crítico teniendo en cuenta que los calibres delgados 26, 28 y 30 son de alto tonelaje de consumo.

El beneficio o rentabilidad del sector que normalmente debe oscilar entre un 5 a 12% se ve gravemente afectado y tal vez sea necesaria una nueva revisión de precios por parte de la Secretaría de Comercio que es la entidad gubernamental que fija el precio del acero galvanizado por inmersión en caliente.

En la Fig. 8-5 y Tabla 8-3, se exponen los incrementos de precio realizados en los últimos tres años para el acero galvanizado.



TABLA 8 - 3 VARIACION DE COSTOS DEL ACERO GALVANIZADO POR

INMERSION EN CALIENTE

(\$/Kg)

CALIBRE	ENERO 1980	ENERO 1981	AGOSTO 1981	NOVIEMBRE 1981	MARZO 1982	ABRIL 1982	MAYO 1982
10	17.53	22.15	22.45	26.62	29.28	34.38	36.64
12	17.53	22.15	22.45	26.62	29.28	34.38	36.64
14	17.65	22.30	22.60	26.79	29.47	34.61	36.87
16	17.87	22.58	22.89	27.13	29.85	35.05	37.33
18	17.87	22.58	22.89	27.13	29.85	35.05	37.33
20	17.99	22.73	23.04	27.32	30.05	35.29	37.58
22	18.10	22.87	23.18	27.48	30.23	35.49	37.80
24	18.33	23.15	23.47	27.82	30.61	35.94	38.26
26	18.90	23.88	24.21	28.70	31.57	37.07	39.45
28	20.69	26.15	26.50	31.42	34.56	40.58	43.11
30	21.50	27.16	27.53	32.64	35.90	42.16	44.76

FUENTE: Secretaría de Comercio - Dirección General de Precios

FIG. 8 - 3 PRECIO DE VENTA vs. PRECIO DE MATERIA PRIMA PARA EL CAL. 10 DE LAM. GALVANIZADA

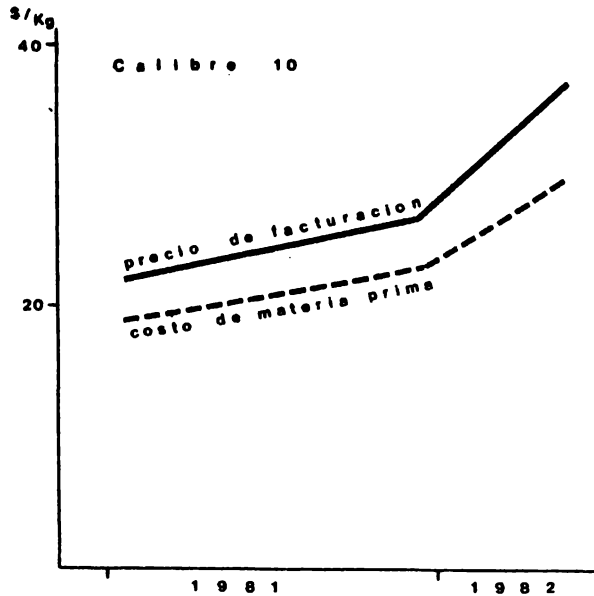
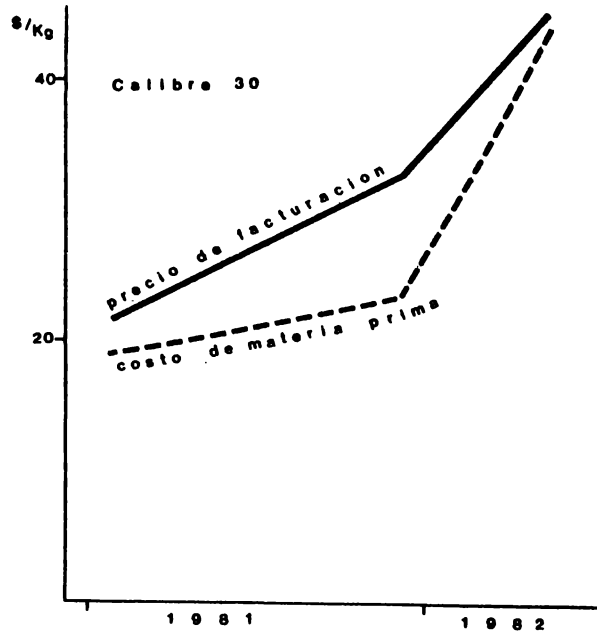


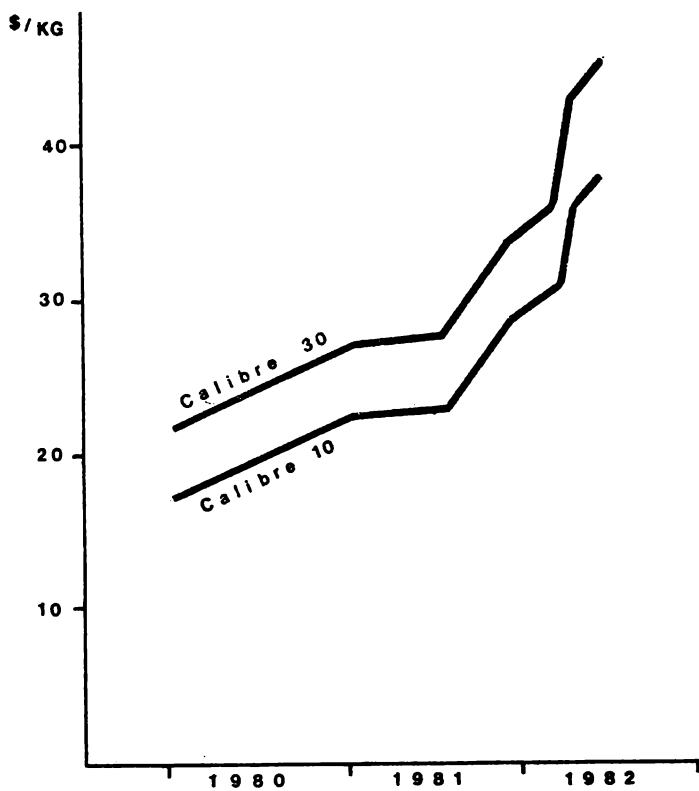
FIG. 8 - 4 PRECIO DE VENTA vs. PRECIO DE MATERIA PRIMA PARA EL CAL. 30 DE LAMINA GALVANIZADA



FUENTE:

SECRETARÍA DE COMERCIO  
 Dirección General de Precios: . . . . . Precios del acero galvanizado  
 Instituto Mexicano del Zinc y del Plomo: . . . . Precios del zinc  
 Placa y Lámina, S.A.: . . . . . Precios del acero

FIG. 8 - 5 PRECIOS DEL ACERO GALVANIZADO EN LOS ULTIMOS TRES AÑOS



FUENTE: Secretaría de Comercio - Dir. Gral. de Precios

## CAPITULO IX

### D A T O S     T E C N I C O S

#### COMPOSICION QUIMICA DEL ACERO BASE

El tipo de acero que se utiliza en los procesos continuos de galvanización en caliente, es el acero rolado en frío "SAE 1010" (comercial), en calibres desde 10 hasta 30 y en anchos de 0.915 m (3ft) y 1.22 m. (4ft), haciendo mención de que el calibre 30 en 1.22 m. no se comercializa.

Las siglas 1010 significan lo siguiente:

- . El primer "10" es acero rolado al carbón
- . El segundo "10" es el porcentaje de carbón en el acero.

La composición química del acero base es la siguiente:

<u>Elemento</u>	<u>%</u>
Carbono	0.15 máx.
Manganeso	0.60 máx.
Fósforo	0.35 máx.
Azufre	0.040 máx.
Cobre	0.20 máx. Cuando se especifique "acero al cobre".

**TABLA 9 - 1      RELACIONES PONDERALES PARA LAMINA GALVANIZADA**  
**POR EL PROCESO CONTINUO DE INMERSION EN**  
**CALIENTE**

CALIBRE	PESO <sub>2</sub> Kg./M <sup>2</sup>	METROS/TONELADA	
		Ancho - 91.5 cms.	Ancho 122 cms.
10	27.85	39.27	29.45
12	21.75	50.29	37.72
14	15.64	69.91	52.44
16	12.59	86.86	65.15
18	10.15	107.76	80.83
20	7.71	141.90	106.44
22	6.49	168.61	126.48
24	4.65	234.98	176.27
26	4.04	270.43	202.85
28	3.43	318.56	238.96
30	2.82	387.39	-

FUENTE: Galvak, S.A., Catálogo Técnico, 1982.

**TABLA 9 - 2 ESPEORES EQUIVALENTES (DE LA LAMINA GALVANIZADA  
POR EL PROCESO DE INMERSION EN CALIENTE) AL  
NUMERO DE CALIBRE PARA EL TIPO DE RECUBRIMIENTO  
275 COMERCIAL**

Nº DE CALIBRE	ESPEORES EN MM		
	NOMINAL	MAXIMO	MINIMO
10	3.469	3.680	3.260
12	2.710	2.920	2.500
14	1.953	2.161	1.741
16	1.572	1.722	1.422
18	1.267	1.398	1.138
20	0.965	1.065	0.865
22	0.812	0.913	0.713
24	0.584	0.664	0.504
26	0.508	0.588	0.428
28	0.431	0.512	0.352
30	0.358	0.438	0.278

FUENTE: NOM B-55-1979.

TABLA 9 - 3

PRUEBAS SOBRE LAMINA GALVANIZADA Y NORMAS QUE LA RIGEN

PROPOSITO DE LA PRUEBA	M E T O D O	RESULTADOS
1. Prueba de adherencia	NOM-B-55-79/ASTM-A-525-77	Sin grietas ni desprendimiento de zinc.
2. Prueba de dureza	NOM-B-55-79/ASTM-A-525-77 NOM-B-172/ASTM-E-18-67 DGN-B-119-75	35 a 70 RB
3. Prueba de elongación	NOM-B-310-81/ASTM-A-370-77	Hasta 40%
4. Prueba de la capa de zinc	NOM-B-319-71/ASTM-A-90-66	0.90, 0.60, 0.30 onz/ft <sup>2</sup>
5. Inspección de Dimensiones	NOM-B-55-79/ASTM-A-525-77	Calibre, ancho y largo: rango de variabilidad

**TABLA 9-A ESPEORES DE LA LAMINA NEGRA UTILIZADA EN GALVANIZACION**

(mm)

Calibre	Nominal	Máximo	Mínimo
10	3.416	3.607	3.251
12	2.464	2.616	2.311
14	1.897	2.024	1.770
16	1.524	1.651	1.397
18	1.219	1.321	1.117
20	0.914	0.991	0.838
22	0.762	0.838	0.686
24	0.609	0.685	0.533
* 25	0.533	0.584	0.482
26	0.457	0.508	0.406
28	0.381	0.432	0.330
30	0.305	0.355	0.254

Fuente: Hojalata y Lámina, S.A.- Monterrey, N.L.



Es conveniente hacer notar que las tolerancias que se indican en caso, para lámina negra, fueron establecidas tomando como base las especificadas por el "INSTITUTO AMERICANO DEL HIERRO Y DEL ACERO". ("American Iron and Steel Institute", A.I.S.I.) y se han adoptado en la mayoría de acerías del mundo, así como los consumidores de lámina de acero. Los datos que aparecen en tablas son el resultado de amplios estudios estadísticos obtenidos en las plantas laminadoras de Estados Unidos.

## C O N C L U S I O N E S

1. De los cinco procesos de galvanización conocidos, el de inmersión en caliente es el más adecuado técnicamente para el acero laminado, puesto que la aleación formada es maleable y permite una gran diversidad de formados, dobleces y embutidos y además su velocidad de corrosión es muy lenta.
2. El proceso continuo de galvanización en caliente es el método conveniente económicamente para satisfacer la gran demanda del producto en México porque el costo alto de inversión de este proceso, se justifica por sus altas producciones logradas.
3. Existe un vasto campo aún inexplorado de aplicación industrial del acero galvanizado, esto gracias a las grandes cualidades de troqueabilidad de la aleación hierro-carbono-zinc y a su dureza controlable.
4. El producto galvanizado, tiene las cualidades técnicas necesarias que le han permitido un fuerte empuje en el mercado de la construcción.
5. La rentabilidad del sector de galvanización en caliente, se ha visto afectada seriamente en los calibres delgados por la situación

inflacionaria actual no compensada en forma realista por el go bierno que controla los precios.

6. El consumo de zinc se ha incrementado en México desde 1978 a - diferencia de lo ocurrido en otros países, gracias a su utilización mayoritaria en el sector de galvanización.
7. Actualmente el hecho de que el 95 % del mercado utilice troque lado medio en acero galvanizado, traé como consecuencia un ahorro económico en energía puesto que los troquelados más suaves implicarian mayores costos de producción.

## B I B L I O G R A F I A

1. Zinc, Library of Technical Information - Zinc Institute Inc. New York No. 1-1981
2. HOT DIP GALVANIZERS ASSOCIATION, Londres; "General Galvanizing Practice" - 1980
3. Dr. A. J. Vázquez, "Galvanización en caliente, el decapado del acero" Rev. Metal. CENIM, Vol. 9 (1973) Núm. 6.
4. Richard L. Little, "La Tecnología en el trabajo de los metales" Compañía Editorial Continental, S.A. 1980.
5. John H. Perry, "Manual del Ingeniero Químico", U.T.E.H.A. 1974
6. H.B. Gray, G. P. Haight; "Principios Básicos de Química". Ed. Reverte S. A. 1972.
7. Hojalata y Lámina, S.A., "Catálogo Técnico HYLSA Monterrey" 1981
8. GALVAK, S.A., "Catálogo Técnico de acero galvanizado" 1982. Monterrey N.L.
9. Centro Mexicano de información del Zinc y Plomo, Boletín informativo, Enero-Diciembre 1981, México, D.F.
10. George Getschow, "Futuro Industrial de México". Excelsior Enero 27, - 1981.
11. Antonio Garza M, "La Industria del Acero", Excelsior Dic. 18, 1981.
12. Vicente Massuet G., "Los Costos en Galvanotecnia", Ediciones Cedel de José Oriol Avila, 1975 Viladrau, Gerona.
13. D. R. Gabe, "Principles Of Metal Surface Treatment And Protection", - Pergamon Press Ltd. 1972.